

## 明 細 書

印刷マスク並びに太陽電池セル、フラットパネルディスプレイおよびチップ  
コンデンサ

### 技術分野

[0001] この発明は、スクリーン印刷方法を用いて印刷対象物に印刷パターンを形成するための印刷マスクに関するものである。また、この印刷マスクを用いて電極を形成した太陽電池セル、フラットパネルディスプレイおよびチップコンデンサにも関するものである。

### 背景技術

[0002] スクリーン印刷法は、太陽電池の電極形成や、液晶表示装置、プラズマディスプレイ、有機EL (ElectroLuminescence) ディスプレイなどの表示装置の電極形成に用いられる。スクリーン印刷法は、印刷対象に印刷する電極部分がメッシュ(開口)となっており、他の部分はメッシュに乳剤が埋め込まれた印刷マスクを印刷対象に所定の距離を置いて配置し、電極材料を含むペーストを印刷マスクの上に供給する。その後、スキージでペーストを印刷マスク上に延ばし、延ばされたペーストのうちメッシュの部分のみペーストが印刷対象上に供給される。そして、印刷対象上に供給されたペーストを電極材料に応じた所定の温度で焼成することによって、電極が形成される。

[0003] このスクリーン印刷法で使用される印刷マスクとして、従来、メッシュのスキージ側から乳剤を塗着し、その後に印刷対象側から乳剤を塗着することによって、印刷対象側に突出した乳剤の膜厚(以下、乳剤厚という)を5  $\mu$ mにするとともに、その平滑性を確保した印刷マスクが提案されている(たとえば、特許文献1参照)。

[0004] また、従来、ペーストを印刷対象上に塗布する際に、印刷マスクのメッシュ部分の端部付近の塗布されたペーストの平均膜厚が、塗布されたペーストの他の部分の平均膜厚よりも大きくなる傾向があった。そこで、これを緩和するために、塗布パターンの端部に向かうにつれて印刷マスクから押し出されるペーストの量が段階的に少なくなるように、コの字状、山形、波形、円形などの微細パターンを印刷マスクの塗布パターンの輪郭部に形成した印刷マスクを用いてスクリーン印刷を行う方法が提案されてい

る(たとえば、特許文献2参照)。

[0005] 特許文献1:特開平4-189545号公報

特許文献2:特開平11-245534号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、一般的な太陽電池セルは、たとえばp型のシリコン基板にpn接合が基板面に平行に形成された半導体層部の裏面(p型シリコン基板側)に、裏銀電極を形成するための間隔を直線状にあけて裏アルミ電極パターンが形成され、これらの裏アルミ電極パターンの間と裏アルミ電極パターンの一部に重なるように集電のための裏銀電極が形成される構造を有している。

[0007] 現在使用されている通常の印刷マスクの印刷対象側に突出した乳剤厚は14 $\mu$ m前後である。このような印刷マスクを用いて、上記太陽電池セルの裏面(p型シリコン基板側)に裏アルミ電極パターンを塗布する場合には、裏アルミ電極パターンのエッジ部の盛り上がり平均膜厚は、それ以外の中央部の平均膜厚よりも8 $\mu$ m程度厚くなってしまふ。これは、特許文献1に記載の乳剤厚が5 $\mu$ mの印刷マスクを用いたとしても6 $\mu$ m程度厚くなる。一般的に、裏アルミ電極パターンの中央部の平均膜厚よりもエッジ部の盛り上がり平均膜厚が5 $\mu$ mよりも大きくなると、その後に裏アルミ電極パターン間と裏アルミ電極パターンの一部に重ねて形成する裏銀電極パターンが途切れてしまふという問題点があった。なお、このような問題点は、スクリーン印刷法を用いて電極パターンを形成する太陽電池セルのほかに、液晶表示装置や有機EL表示装置、プラズマディスプレイ装置などのフラットパネルディスプレイや、チップコンデンサに電極パターンを形成する際にも生じていた。

[0008] また、特許文献2に記載のスクリーン印刷方法では、たとえば上記太陽電池セルの裏面(p型シリコン基板側)の裏アルミ電極パターンにおけるエッジ部での盛り上がりを抑制することはできるが、コの字状、山形、波形、円形などの微細パターンを印刷マスクの塗布パターンの輪郭部に形成する手間がかかってしまふという問題点があった。

[0009] この発明は上記に鑑みてなされたもので、スクリーン印刷法で電極を塗布するため

の印刷マスクで形成された印刷パターンのエッジ部における平均膜厚と中央部における平均膜厚との差が $5\mu\text{m}$ 以下となる印刷マスクを得ることを目的とする。また、印刷パターンのエッジ部における平均膜厚と中央部における平均膜厚との差が $5\mu\text{m}$ 以下となるように、塗布パターンの輪郭部に形成するパターンを容易に作製することができる印刷マスクを得ることも目的とする。さらに、これらの印刷マスクを用いて製造された電極を有する太陽電池セル、フラットパネルディスプレイおよびチップコンデンサを得ることも目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0010] 上記目的を達成するため、この発明にかかる印刷マスクは、マスク枠に張設されたメッシュの印刷対象に形成する電極パターンに対応した領域が開口されるように、それ以外の領域に樹脂を埋め込んでマスク部を形成した印刷マスクにおいて、前記マスク部は、前記メッシュの前記印刷対象に対向する側に前記メッシュよりも突出して形成された突出部を有し、前記突出部の厚さは、当該印刷マスクで電極パターンを形成したときに、前記電極パターンの端部とそれ以外の部分での平均膜厚の差が $5\mu\text{m}$ 以下となる厚さであることを特徴とする。

#### 発明の効果

- [0011] この発明によれば、この印刷マスクで印刷した電極パターンのエッジ部における盛り上がり厚を抑制できる。より具体的には、電極パターンのエッジ部における平均膜厚と中央部における平均膜厚との差が $5\mu\text{m}$ 以下とすることができる。その結果、複数の電極を重ねて印刷するデバイスの製造において、ある電極パターンにさらに他の電極パターンを形成する場合に、重ねる側の電極パターンが、既に形成された電極パターンのエッジ部の盛り上がり部で途切れることを防ぎ、重ねる側の電極パターンの形成工程以降での印刷が容易になるため、製造での良品率が向上するという効果を有する。また、印刷マスクのみを変更すればよいため、従来の製造工程を変更する必要がなく、安価に良質な製品を製造することができるという効果も有する。

#### 図面の簡単な説明

- [0012] [図1]図1は、この発明による印刷マスクの構成を模式的に示す断面図である。  
[図2-1]図2-1は、裏アルミ電極を形成するための印刷マスクのパターンの一例を示

す平面図である。

[図2-2]図2-2は、裏銀電極を形成するための印刷マスクのパターンの一例を示す平面図である。

[図2-3]図2-3は、表銀電極を形成するための印刷マスクのパターンの一例を示す平面図である。

[図3-1]図3-1は、この発明による印刷マスクを用いて形成された電極を有する太陽電池セルの上面図である。

[図3-2]図3-2は、図3-1の太陽電池セルの裏面図である。

[図4]図4は、図3-2のA-A断面図である。

[図5-1]図5-1は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その1)。

[図5-2]図5-2は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その2)。

[図5-3]図5-3は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その3)。

[図5-4]図5-4は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その4)。

[図5-5]図5-5は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その5)。

[図5-6]図5-6は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その6)。

[図5-7]図5-7は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である(その7)。

[図6]図6は、従来の印刷マスクの構成を模式的に示す断面図である。

[図7]図7は、従来の印刷マスクを用いて形成した太陽電池セルの断面図である。

[図8]図8は、従来の印刷マスクを用いて太陽電池セルの電極を形成する状態を模式的に示す断面図である。

[図9]図9は、電極パターンのエッジ部と中央部の状態を模式的に示す断面図である

。

[図10]図10は、印刷マスクの突出部の乳剤厚に対するアルミ厚差異の変化を示すグラフである。

[図11]図11は、基板割れ率を測定する際の基板マスクの条件と、各基板の厚さにおける基板割れ率の関係を示す図である。

[図12]図12は、この発明による印刷マスクの実施の形態2の構造を模式的に示す平面図である。

[図13-1]図13-1は、太陽電池セルの裏アルミ電極用パターン形成用の印刷マスクの平面図を示す図である。

[図13-2]図13-2は、太陽電池セルの裏銀電極用パターン形成用の印刷マスクの平面図を示す図である。

[図14]図14は、この発明による印刷マスクの実施の形態3の構造を模式的に示す断面図である。

[図15]図15は、この発明による印刷マスクを用いて形成された電極パターンの断面を模式的に示す図である。

#### 符号の説明

- [0013]
- 1 印刷マスク
  - 2 メッシュ
  - 3 マスク部
  - 3a 突出部
  - 3b 埋め込み部
  - 3c 周縁パターン部
  - 4 開口部
  - 5 マスク枠
  - 20 太陽電池セル
  - 21 半導体層部
  - 22 p型シリコン基板
  - 23 n型拡散層

- 24 反射防止膜
- 25 表銀グリッド電極
- 26 表銀バス電極
- 27 裏アルミ電極
- 28 裏銀電極
- 29 p+層
- 41 印刷ステージ
- 42 真空穴
- 43 スキージ

#### 発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下に添付図面を参照して、この発明にかかる印刷マスク並びに太陽電池セル、フラットパネルディスプレイおよびチップコンデンサの好適な実施の形態を詳細に説明する。なお、これらの実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0015] 実施の形態1.

図1は、この発明にかかる印刷マスクの構成を模式的に示す断面図であり、図2-1は、裏アルミ電極を形成するための印刷マスクのパターンの一例を示す平面図であり、図2-2は、裏銀電極を形成するための印刷マスクのパターンの一例を示す平面図であり、図2-3は、表銀電極を形成するための印刷マスクのパターンの一例を示す平面図であり、図3-1は、この発明にかかる印刷マスクを用いて形成された電極を有する太陽電池セルの上面図であり、図3-2は、図3-1の太陽電池セルの裏面図であり、図4は、図3-2のA-A断面図であり、図5-1～図5-7は、太陽電池セルの製造方法の手順の一例を示す断面図である。また、図6は、従来の印刷マスクの構成を模式的に示す断面図であり、図7は、従来の印刷マスクを用いて形成した太陽電池セルの断面図であり、図8は、従来の印刷マスクを用いて太陽電池セルの電極を形成する状態を模式的に示す断面図であり、図9は、電極パターンのエッジ部と中央部の状態を模式的に示す断面図であり、図10は、印刷マスクの突出部の乳剤厚に対するアルミ厚差異の変化を示すグラフであり、図11は、基板割れ率を測定する際の基板マスクの条件と各基板の厚さにおける基板割れ率の関係を示す図である。

。

[0016] この印刷マスク1は、図1に示されるように、マスク枠5に張設された網織りしたステンレスなどの材質でできたメッシュ2の電極パターンの形成位置以外の部位のメッシュ開口を、感光剤入り高分子乳剤などの樹脂で塞ぐことによって形成される。メッシュ2の樹脂で塞がれた部分を以下では、マスク部3といい、樹脂で塞がれない電極パターンの形成位置に対応する部分を開口部4(請求の範囲における開口、開口領域に対応する)という。マスク部3は、その形成位置において、少なくともメッシュ2の内部と、メッシュ2の印刷対象に対向する側の面から突出するように樹脂を形成することで構成される。以下では、前者を埋め込み部3bといい、後者を突出部3aという。ここで、埋め込み部3bの厚さ $t_1$ は、使用するメッシュ2の厚さと同じであるが、突出部3aの厚さ(以下、乳剤厚という) $t_2$ は、 $5\mu\text{m}$ よりも薄く、より好ましくは $3\mu\text{m}$ 以下に形成されることを特徴とする。このような印刷マスク1の構造は、太陽電池セルの製造において使用される裏アルミ電極(図2-1)のほかに、裏銀電極(図2-2)、表銀電極(図2-3)にも適用することができる。また、この発明の印刷マスクは、スクリーン印刷法で $1\text{m}^2$ 以上の大面積部を有する電極形成時に対して特に有効である。

[0017] このような印刷マスク1は、つぎに示されるような方法によって製造される。まず、メッシュ2に粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を塗布して乾燥させる。このとき、感光剤入り高分子乳剤は、メッシュ2の片面から外部に向かって所定の厚さだけ突出するように塗布される。その後、写真製版技術で所望のサイズのパターン(たとえば、図2-1～図2-3に示される各電極パターン)に露光、現像し、乾燥させる。これにより、電極パターン形成位置以外のメッシュ2の内部には埋め込み部3を有し、メッシュ2の印刷対象側外部には突出部3aを有する図1に示される印刷マスク1が完成する。なお、この印刷マスク1の製造方法は一例であり、突出部3aの厚さが $5\mu\text{m}$ よりも薄いマスク部3を有するものを製造することができれば、他の方法で製造したものでもよい。たとえば、メッシュ2のスキージ接触面側(図1中の上側)に、粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を、メッシュ2を貫通しないように塗布して乾燥させた後、写真製版技術で所望のサイズのパターン(たとえば、図2-1～図2-3に示される各電極パターン)に露光、現像し、乾燥させる。これにより、メッシュ2内の電極パターン形成位

置以外の位置に埋め込み部3bが形成される。その後、メッシュ2の印刷対象側(図1中の下側)に、粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を塗布して乾燥させた後、写真製版技術で上記と同一のサイズのパターンに露光、現像し、乾燥させる。これによって、メッシュ2の印刷対象側外部の電極パターン形成位置以外の位置に突出部3aが形成され、図1に示される印刷マスク1が完成する。

[0018] つぎに、この印刷マスク1を用いて電極を形成した太陽電池セルと、従来の印刷マスクを用いて電極を形成した太陽電池セルを例に挙げて、この印刷マスクの特徴について説明する。太陽電池セル20は、図3-1～図4に示されるように、半導体基板としてのp型シリコン基板22と、このp型シリコン基板22の表面の導電型が反転したn型拡散層23と、高濃度不純物を含んだp+層(BSF(Back Surface Field)層ともいう)29と、からなる光電変換機能を有する半導体層部21と、この半導体層部21の受光面に設けられ入射光の反射を防止する反射防止膜24と、この半導体層部21で発電された電気を局所的に集電するために受光面に設けられる表銀グリッド電極25と、表銀グリッド電極25で集電された電気を取り出すために表銀グリッド電極25にほぼ直交して設けられる表銀バス電極26と、半導体層部21で発電された電気の取り出しと入射光の反射を目的として半導体層部21の裏面(受光面と対向する面)のほぼ全面に設けられた裏アルミ電極27と、この裏アルミ電極27に生じた電気を集電する裏銀電極28と、を備える。なお、表銀グリッド電極25と表銀バス電極26をまとめて表銀電極という。

[0019] このように構成された太陽電池セル20では、太陽光が太陽電池セル20の受光面側から半導体層部21のpn接合面(p型シリコン基板とn型拡散層との接合面)に照射されると、ホールと電子が生成する。pn接合部の電界によって、生成した電子はn型拡散層23に向かって移動し、ホールはp+層29に向かって移動する。これにより、n型拡散層23に電子が過剰となり、p+層29にホールが過剰となる結果、光起電力が発生する。この光起電力はpn接合を順方向にバイアスする向きに生じ、n型拡散層23に接続した表銀バス電極26がマイナス極となり、p+層29に接続した裏銀電極28がプラス極となって、図示しない外部回路に電流が流れる。

[0020] つぎに、このような太陽電池セル20の製造方法の一例について説明する。まず、

図5-1に示されるように、表面処理を施したp型シリコン基板22を用意する。ついで、図5-2に示されるように、リンを熱的に拡散させることによって導電型を反転させたn型拡散層23aをp型シリコン基板22の表面に形成する。通常、リンの拡散源として、オキシ塩化リン( $\text{POCl}_3$ )が用いられる。

[0021] ついで、p型シリコン基板22の一主面をレジストで保護した後、図5-3に示されるように、一主面のみにn型拡散層23を残すように、p型シリコン基板22の表面をエッチングし、レジストを有機溶剤などを用いて除去する。その後、図5-4に示されるように、n型拡散層23の表面に、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜、酸化チタン膜などからなる反射防止膜24をプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法などの成膜法によって、一様な厚みで形成する。

[0022] ついで、図5-5に示されるように、p型シリコン基板22のn型拡散層23が形成されている面に対向する面(以下、裏面という)に、スクリーン印刷法で裏アルミ電極パターン27aを形成する。このとき、図2-1に示される印刷マスクを用いてアルミペーストがp型シリコン基板22の裏面上に、印刷パターン(開口部4)にしたがって付着される。裏アルミ電極パターン27aを乾燥した後、図5-6に示されるように、スクリーン印刷法で裏面にさらに裏銀電極パターン28aを形成する。このとき、図2-2に示される印刷マスクを用いて銀ペーストが、裏アルミ電極パターン27aが付着されたp型シリコン基板22上に、印刷パターン(開口部4)にしたがって付着される。

[0023] 裏銀電極パターン28aを乾燥させた後、表裏を反転させて、図5-7に示されるように、銀ペーストをスクリーン印刷法で、反射防止膜24上に付着させ、乾燥させる。このとき、図2-3に示される印刷マスクを用いて、銀ペーストが、反射防止膜24上に付着される。これにより、反射防止膜24上に表銀グリッド電極パターン25aと表銀バス電極パターン26aが選択的に形成される。

[0024] そして、表銀グリッド電極パターン25a、表銀バス電極パターン26a、裏アルミ電極パターン27aおよび裏銀電極パターン28aを含む表裏電極パターンを、同時に700℃～900℃程度で数分間程度焼成する。この焼成により、p型シリコン基板22の表側では、表銀グリッド電極パターン25aと表銀バス電極パターン26aを構成する表銀ペースト中に含まれるガラス材料によって反射防止膜24が溶融している間に、銀ペー

スト中の銀材料がp型シリコン基板22上部のn型拡散層23中のシリコンと接触して再凝固する。これにより、表銀電極(表銀グリッド電極25、表銀バス電極26)とシリコンのn型拡散層23との間の導通が確保される。また、この焼成工程により、裏アルミ電極27が形成されるとともに、裏アルミ電極パターン27aもp型シリコン基板22中のシリコンと反応して、p型シリコン基板22と裏アルミ電極27との間にp+層29が形成される。以上により、表銀グリッド電極25、表銀バス電極26、裏アルミ電極27および裏銀電極28が形成され、図3-1~図4に示される構造を有する太陽電池セル20が製造される。

[0025]   ところで、従来の印刷マスクは、図6に示されるように、マスク部3の突出部3aの厚さ $t_3$ が $5\mu\text{m}$ 以上となっている。このような印刷マスク1を用いて、上述した図5-1~図5-7に示される手順で太陽電池セルを製造した場合、図7に示されるような構造の太陽電池セル20が製造されてしまう。つまり、裏アルミ電極27のエッジ部31の膜厚が、他の部分(中央部分)の平均膜厚よりも厚くなり、盛り上がりが生じてしまう。そして、このような盛り上がりが生じた裏アルミ電極27の上に、裏銀電極28を形成すると、裏銀電極28の断面が途切れやすくなり、かすれ部32が生じる。このようにかすれ部32が存在すると、高抵抗となってしまう、セル抵抗が大きく劣化してしまう。

[0026]   図8は、図6のような従来の印刷マスクを用いて裏アルミ電極と裏銀電極を形成した後、表銀電極を形成する状態を模式的に示す図である。この図8では、裏面に裏アルミ電極パターンと裏銀電極パターンを塗布して乾燥させた太陽電池セル20の表裏を反転させて、太陽電池セル20の裏面を印刷ステージ41に載置した状態を示している。印刷ステージ41には、真空穴42が設けられており、図示しない真空ポンプを用いて、真空穴42中の空気を排気することによって、印刷ステージ41上に載置された印刷対象(太陽電池セル20)を保持して固定する機能を有している。

[0027]   印刷ステージ41上に固定された太陽電池セル20(p型シリコン基板)上には、印刷マスク1が太陽電池セル20に対して位置合わせされた状態で所定の間隔をあけて配置される。この印刷マスク1のスキージ43側の面上に表銀グリッド電極25と表銀バス電極26を形成するための銀ペースト25bを薄く広げておき、スキージ43を印刷マスク1に押し当てて、図中の矢印方向に摺動させることによって、開口部4を通して銀ペ

ースト25bが太陽電池セル20側に押出され、所望のパターンが印刷される。

- [0028] 一般的に、太陽電池用のシリコン基板は0.1～0.3mmと非常に薄く、割れたり欠けたりしやすい。このため、図8のように印刷する際に、印刷ステージ41の真空圧を、太陽電池セル20を固定保持することができる最下限値近くまでに下げたり、スキージ43の押し当てる力を印刷可能な最下限値近くまで下げたりする努力をしている。
- [0029] しかし、図7に示される従来の太陽電池セル20のように、裏アルミ電極27のエッジ部31が盛り上がっていると、図8の表電極印刷時の印刷ステージ41の真空圧を高くしなければ、印刷中に太陽電池セル20(p型シリコン基板)が印刷ステージ41から滑ってしまい、印刷パターンの位置ズレを起こしてしまう。その結果、薄いシリコン基板で構成される太陽電池セル20が割れてしまうこともあった。
- [0030] また、図7に示されるように、裏アルミ電極27のエッジ部31が盛り上がっていると、その上に裏銀電極28を印刷する際に、裏銀電極パターンを印刷する箇所の段差が大きくなり、裏銀電極28が印刷かすれを起こし、かすれ部32が生じる。この裏銀電極かすれ部32を抑制するには、裏銀電極28の印刷時のスキージ43の押し当てる力を高くしなければならない。しかし、その結果、薄いシリコン基板で構成される太陽電池セル20の破損を招いてしまうこともあった。
- [0031] これらの問題点は、図7の裏アルミ電極27のように、エッジ部31がその他の部分の平均膜厚に比して盛り上がっていると、印刷ステージ41で真空吸着する場合や、スキージ43で押し当てる場合に、盛り上がっているエッジ部31に応力がかかることによる。一般的な太陽電池セル20の場合には、100MPa以上の応力が局所的にかかる、割れてしまうことが知られている。
- [0032] そこで、太陽電池セル20に100MPa以上の応力がかからないようにするための条件として、形成された電極パターンのエッジ部とその他の部分の平均膜厚との差に注目した。図10に示されるように、電極パターン(裏アルミ電極パターン27a)のエッジ部31の領域 $R_E$ での平均膜厚を $d_{max}$ とし、エッジ部31を除く領域 $R_C$ での平均膜厚を $d_{mean}$ とする。また、ここで $d_{max} - d_{mean}$ の値をアルミ厚差異とする。
- [0033] 図10に示されるように、乳剤厚を0～30 $\mu$ mまでの間で変化させた場合に、突出部3aの乳剤厚とアルミ厚差異との間には相関関係があり、突出部3aの乳剤厚を短くす

るほど、電極パターンにおけるアルミ厚差異も減少することが見出された。また、実験により、裏銀電極28のかすれ部32の発生を抑制する条件として、アルミ厚差異が $5\mu\text{m}$ 以下であることが求められた。これらにより、印刷マスク1のマスク部3の突出部3aの乳剤厚 $t_2$ を $5\mu\text{m}$ よりも薄くすることが望ましいことが分かった。このように、突出部3aの乳剤厚 $t_2$ を $5\mu\text{m}$ 以下とすることで、アルミ厚差異が $5\mu\text{m}$ 以下となり、スキージ43の押し当てる力や太陽電池セル20を印刷ステージ41が真空吸着する際の真空圧が太陽電池セル20にかかったとしても、約70MPaの局所的な応力であるので、薄いシリコン基板が割れるような状況となることはほとんどなくなる。

[0034] ここで、マスク部3の突出部3aの乳剤厚 $t_2$ を $14\mu\text{m}$ とした従来の印刷マスクを用いた場合と、乳剤厚 $t_2$ を $3\mu\text{m}$ としたこの実施の形態1の印刷マスクを用いた場合の、表銀電極パターン形成時の基板の割れ率を比較した結果が、図11に示されている。

[0035] 従来の印刷マスクとして、マスク部3の突出部3aの乳剤厚 $t_2$ が $14\mu\text{m}$ で、メッシュ数400、線径 $23\mu\text{m}$ のものをを用いた。従来の印刷マスクを用いて、裏アルミ電極27を形成した場合のアルミ平均膜厚 $d_{\text{mean}}$ は $29\mu\text{m}$ であり、エッジ部31の平均膜厚 $d_{\text{max}}$ は $37\mu\text{m}$ であり、アルミ厚差異 $d_{\text{max}} - d_{\text{mean}}$ は $8\mu\text{m}$ であった。この条件でシリコン基板に表銀電極25, 26を印刷すると、基板厚が厚い場合には割れ率は少ないが、基板厚が薄くなるにしたがって、割れ率が高くなり、基板厚 $240\mu\text{m}$ では5%の割れ率を示し、基板厚 $200\mu\text{m}$ では10%の割れ率を示した。

[0036] 一方、この実施の形態1の印刷マスクとして、マスク部3の突出部3aの乳剤厚 $t_2$ が $3\mu\text{m}$ で、メッシュ数400、線径 $23\mu\text{m}$ のものをを用いた。この印刷マスクを用いて、裏アルミ電極27を形成した場合のアルミ平均膜厚 $d_{\text{mean}}$ は $27\mu\text{m}$ であり、エッジ部31の平均膜厚 $d_{\text{max}}$ は $32\mu\text{m}$ であり、アルミ厚差異は $5\mu\text{m}$ であった。このとき、シリコン基板の表銀電極を印刷する場合に、基板厚が $200\mu\text{m}$ のときに割れ率が1%であったが、総じて、基板厚の厚さに関係なく、割れ率は極めて低かった。

[0037] この実施の形態1によれば、印刷マスクの印刷対象側の突出部3aの厚さを $5\mu\text{m}$ よりも小さく、より望ましくは $3\mu\text{m}$ 以下とすることで、電極パターンのエッジ部における平均膜厚と中央部における平均膜厚との差を $5\mu\text{m}$ 以下とすることができる。特に、第1の電極パターンとこの第1の電極パターンの少なくともエッジ部を含む一部にオーバ

ーラップさせて第2の電極パターンを形成する場合には、第1の電極パターンのエッジ部の平均膜厚と他の部分の平均膜厚との差を $5\mu\text{m}$ 以下にすることで、第1の電極パターン上に形成される第2の電極パターンのかすれ部の発生を抑えることができるという効果を有する。

[0038] また、この印刷マスク1を用いて形成した電極を有するデバイスは、マスク構造やマスクパターンを変更するだけであるので、従来用いられていた製法(製造設備)を用いて、安価に良質な製品を高い良品率で製造することができる。特に、この印刷マスク1を用いて形成した電極を有する太陽電池セル20では、裏アルミ電極27のエッジ部31での盛り上がり量が $5\mu\text{m}$ 以下と小さくなり、不良品率が下がるために安価に製造することができるようになる。

[0039] 実施の形態2.

図12は、この発明にかかる印刷マスクの実施の形態2の構造を模式的に示す平面図である。この印刷マスクは、図3-2に示される太陽電池セル20の裏アルミ電極27の印刷パターンを形成する際に用いられるものである。この印刷マスクは、図2-1と同様に裏銀電極28の形成位置に対応した直線状のマスク部3が、乳剤などの樹脂で形成される。つまり、裏アルミ電極27のパターンを形成する開口部4(以下、裏アルミ電極パターン形成領域ともいう。また、請求の範囲における開口、開口領域に対応する。)とこの裏アルミ電極パターン形成領域に隣接する他の裏アルミ電極パターン形成領域とは、所定の距離を置いて配置される。そして、裏アルミ電極パターン形成領域(開口部4)の周縁部には、所定の幅を有する周縁パターン部3cが乳剤などの樹脂で形成される。より具体的には、裏アルミ電極パターン形成領域(開口部4)の外周から内部に向かって所定の距離だけ離れた位置に、裏アルミ電極パターン形成領域(開口部4)の外周に沿って、所定の幅Lを有する樹脂によって周縁パターン部3cが形成される。図12の例では、裏アルミ電極パターン形成領域の周縁部に、額縁状に樹脂が形成される。この周縁部に形成される樹脂の形成位置は、裏アルミ電極パターン27aのエッジ部31に形成される盛り上がり部の位置と裏アルミ電極パターン形成領域の端部との間であればよく、使用する電極材料のペーストの種類(使用する金属粒サイズ、形状(球以外にも扁平粒も存在)、ペースト粘度)および印刷マスクのメ

ッシュ数や線径によって適宜変更される。

- [0040] たとえば、アルミペーストが、粒径 $1\sim 15\mu\text{m}$ のアルミ粒子を含み、B型ロータ粘度計測定で粘度が $30\sim 100\text{Pa}\cdot\text{s}$ であるペーストであり、印刷マスク1のメッシュ2として、メッシュ数が $150\sim 400$ であり、線径が $23\sim 45\mu\text{m}$ であるメッシュを用いる場合には、裏アルミ電極パターン形成領域(開口部4)の端部(エッジ部)から $0.1\text{mm}$ 以上 $0.5\text{mm}$ 以内の範囲に、線幅Lが $0.2\text{mm}$ 以下のラインパターンを額縁状に配置するのが望ましい。
- [0041] また、同じ金属含有ペーストでも微細な細線パターン形成用の銀ペーストを用いる場合には、たとえば、銀ペーストが、粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の銀粒子を含み、B型ロータ粘度計測定で粘度が $40\sim 150\text{Pa}\cdot\text{s}$ であるペーストであり、印刷マスク1のメッシュ2として、メッシュ数が $250\sim 500$ であり、線径が $18\sim 30\mu\text{m}$ であるメッシュを用いる場合には、銀電極パターン形成領域(開口部)の端部(エッジ部)から $0.1\text{mm}$ 以上 $0.5\text{mm}$ 以内の内部に、線幅Lが $0.1\sim 0.2\text{mm}$ のラインパターンを解像することができる。
- [0042] このような印刷マスクは、たとえば、以下の方法によって製造される。まず、メッシュ2に粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を塗布して乾燥させる。このとき、感光剤入り高分子乳剤は、メッシュ2の片面から外部に向かって所定の厚さだけ突出するように塗布される。その後、写真製版技術で所望のサイズのパターン(たとえば、図12に示される各電極パターン)に露光、現像し、乾燥させる。これにより、電極パターン形成位置以外のメッシュ2には、埋め込み部3を有するとともに、電極パターン形成領域(開口部4)の外周から所定の距離だけ内部に入った位置に周縁パターン部3cを有する図12に示される印刷マスクが完成する。なお、この印刷マスクの製造方法は一例であり、電極パターン形成位置以外に埋め込み部3を有するとともに、電極パターン形成領域(開口部4)の外周から所定の距離だけ内部に入った位置に周縁パターン部3cを有するものを製造することができれば、他の方法で製造したものでもよい。たとえば、メッシュのスキージ接触面側に、粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を、メッシュを貫通しないように塗布して乾燥させた後、写真製版技術で所望のサイズのパターン(たとえば、図12に示されるパターン)に露光、現像し、乾燥させる。これにより、マスク部3の埋め込み部3bが形成される。また、図12に示される電極パタ

ーン形成領域(開口部4)の外周から所定の距離だけ内部に入った位置にも埋め込み部(周縁パターン部3c)が形成される。その後、メッシュの印刷対象側から外部に向かって、粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を塗布して乾燥させた後、写真製版技術で上記周縁パターン部3cを含む埋め込み部3b、と同一のサイズのパターンに露光、現像し、乾燥させる。これにより、マスク部3の突出部3aが形成される。このとき、突出部3aの乳剤厚 $t_2$ は、任意の厚さにすることができる。以上によって、電極パターン形成位置の周縁部にラインパターン(周縁パターン部3c)が形成された印刷マスクが完成する。

- [0043] 図13-1～図13-2は、この発明にかかる印刷マスクの他の例を示す平面図である。これらの図13-1～図13-2に示される印刷マスクは、太陽電池セルの裏側に形成する電極パターン形成用の印刷マスクであり、図12とは異なり、集電電極である裏銀電極が直線状ではなく、スポット上に形成される場合を示している。図13-1は、太陽電池セルの裏アルミ電極用パターン形成用の印刷マスクの平面図を示し、図13-2は、太陽電池セルの裏銀電極用パターン形成用の印刷マスクの平面図を示している。この図13-1に示されるように、マスク部4の裏アルミ電極パターン形成領域(開口部4)との境界から所定の距離だけ内側に、所定の幅を有する周縁パターン部3cが樹脂で形成される。なお、図13-2に示される裏銀電極パターンは、裏銀電極パターン上にさらに他の電極パターンが形成されないため、裏銀電極パターン形成領域(開口部4)の周縁部には、ラインパターン(周縁パターン部3c)が形成されていない。なお、この開口部4の大きさは、図13-1で周縁パターン部3cで囲まれる領域以上となっている。

- [0044] なお、この実施の形態2の電極パターン形成領域の周縁部にラインパターンを形成した印刷マスクは、印刷マスク全般に適用することができる。つまり、従来の印刷マスクに適用してもよいし、実施の形態1で説明した印刷マスクに適用してもよい。

- [0045] この実施の形態2による印刷マスクは、メッシュに形成された微小なパターンはペー  
スト流動により解像できないことを応用し、電極パターンの端部に形成される盛り上がり部に対応する位置に、微小なラインパターンを配置して、その盛り上がり量を抑制させている。そして、この印刷マスクによっても、実施の形態1の場合と同様に、電極パ

ターンのエッジ部における平均膜厚と中央部での平均膜厚との差を、 $5\mu\text{m}$ 以下とすることができる。これにより、たとえば、図4に示されるような構造の太陽電池セルで裏アルミ電極パターン上に裏銀電極パターンを形成する場合に、かすれ部32の発生を防止した太陽電池セル20を製造することができる。

- [0046] この実施の形態2によれば、印刷マスクの電極パターン形成領域(開口部4)の周縁部にラインパターンを設けることで、この印刷マスクを用いて電極パターンを形成した際に、電極パターンのエッジ部における盛り上がりを抑えることができる。その結果、この盛り上がりに重ねて他の電極パターンを形成する場合に、重ねる電極パターンでのかすれ部32の発生を防止することができる。また、特許文献2に記載の印刷マスクの場合に比して、印刷マスクの電極パターン形成領域(開口部4)の周縁部に形成するラインパターン(周縁パターン部3c)は単純なので、印刷マスクの製造が容易になるという効果も有する。

- [0047] 実施の形態3.

図14は、この発明にかかる印刷マスクの実施の形態3の構造を模式的に示す断面図である。この印刷マスク1は、マスク枠5に張設された網織りしたステンレスなどの材質でできたメッシュ2の電極パターンの形成位置以外の部位のメッシュ開口を、感光剤入り高分子乳剤などの樹脂で塞ぐことによって形成される。ここで、この実施の形態3のマスク部3は、メッシュ内部に形成される埋め込み部3bの端部が、突出部3aの端部よりも所定の長さだけ開口部4(請求の範囲における開口、開口領域に対応する)側にはみ出して形成されることを特徴とする。なお、埋め込み部3bの厚さ $t1$ は、使用するメッシュ2の厚さと同じであるが、突出部3aの乳剤厚 $t4$ は、任意の厚さとすることができる。このような印刷マスク1の構造は、太陽電池セルの製造において使用される裏アルミ電極(図2-1)のほかに、裏銀電極(図2-2)、表銀電極(図2-3)を形成する印刷マスク1にも適用することができる。なお、突出部3aの端部は、埋め込み部3bの端部よりも0.3mmほど内側となるように構成される。

- [0048] つぎに、このような印刷マスクの製造方法の一例について説明する。この印刷マスク1は、メッシュ2のスキージ接触面側に、粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を、メッシュ2を貫通しないように塗布して乾燥させた後、写真製版技術で所望のサイ

ズのパターン(たとえば、図2-1～図2-3に示されるパターン)に露光、現像し、乾燥させる。これにより、マスク部3の埋め込み部3bが形成される。その後、メッシュ2の印刷対象側から外側に、粘度の高い液状の感光剤入り高分子乳剤を塗布して乾燥させた後、写真製版技術で所望(上記の埋め込み部3b)のサイズよりも所定の長さだけ外周部の端部が内側に位置するパターンに露光、現像し、乾燥させる。これによって、マスク部3の突出部3aが形成され、図14に示される印刷マスク1が完成する。

[0049] 図15は、この印刷マスクを用いて形成された電極パターンの断面を模式的に示す図である。突出部3aの端部が埋め込み部3bの端部よりも内側に形成された印刷マスク1を用いて半導体層部21上に表銀電極パターン25a(26a)を形成すると、表銀電極パターン25a(26a)のエッジ部における盛り上がりが抑制される。これは、突出部3aが形成されていないメッシュ2内の埋め込み部3b(電極パターンのエッジ部に相当する)では、乳剤厚が $0\mu\text{m}$ であるので、この部分での膜厚が小さくなるためである。なお、突出部3aの端部と埋め込み部3bの端部との間の距離は、形成された電極パターンのエッジ部の盛り上がり形成される距離よりも広く取る必要があり、 $0.3\text{mm}$ 程度となる。

[0050] この実施の形態3によれば、印刷マスク1で形成される電極パターンのエッジ部における盛り上がりを抑制することができる。その結果、この盛り上がりに重ねて他の電極パターンを形成する場合に、盛り上がりの影響によって重ねる側の電極パターンが引き伸ばされる電極かすれ部の発生を防止することができる。

[0051] なお、上述した実施の形態では、太陽電池セルの場合を例に挙げて説明したが、自発光素子または他の光源からの光の切替えによって表示を行うマトリックス状に配置された表示素子と、個々の表示素子を駆動する回路と、この回路に接続された所定のパターンの電極と、を有する液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイおよびプラズマディスプレイなどのフラットパネルディスプレイの電極を多重に積み重ねる場合に、上述した印刷マスクを用いることができる。また、所定のパターンに内部電極を形成した誘電体シートを複数積層させてなるチップコンデンサにおいて、内部電極を形成する場合に上述した印刷マスクを用いることができる。

産業上の利用可能性

[0052] 以上のように、本発明にかかる印刷マスクは、スクリーン印刷法に有用であり、特に、複数の電極を重ねるように形成する場合に適している。

## 請求の範囲

- [1] マスク枠に張設されたメッシュの印刷対象に形成する電極パターンに対応した領域が開口されるように、それ以外の領域に樹脂を埋め込んでマスク部を形成した印刷マスクにおいて、
- 前記マスク部は、前記メッシュの前記印刷対象に対向する側に前記メッシュよりも突出して形成された突出部を有し、前記突出部の厚さは、当該印刷マスクで電極パターンを形成したときに、前記電極パターンの端部とそれ以外の部分での平均膜厚の差が $5\mu\text{m}$ 以下となる厚さであることを特徴とする印刷マスク。
- [2] 前記突出部の厚さは、 $5\mu\text{m}$ よりも小さいことを特徴とする請求項1に記載の印刷マスク。
- [3] マスク枠に張設されたメッシュの印刷対象に形成する電極パターンに対応した領域が開口されるように、それ以外の領域に樹脂を埋め込んでマスク部とした印刷マスクにおいて、
- 前記メッシュ内の開口領域の周縁に沿って、所定の幅の樹脂を形成した周縁パターン部を有することを特徴とする印刷マスク。
- [4] 前記周縁パターン部は、印刷マスクで電極パターンを形成したときに前記電極パターンの端部に形成される盛り上がり部の前記端部からの位置までの範囲に形成されることを特徴とする請求項3に記載の印刷マスク。
- [5] 前記周縁パターン部は、前記開口領域の周縁部から前記開口領域側の $0.1\text{mm}$ 以上 $0.5\text{mm}$ 以内の範囲に、 $0.2\text{mm}$ 以下の線幅で形成されることを特徴とする請求項3に記載の印刷マスク。
- [6] 前記マスク部は、前記メッシュの前記印刷対象に対向する側に前記メッシュよりも突出して形成された突出部を有し、前記突出部の厚さは $3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項3に記載の印刷マスク。
- [7] マスク枠に張設されたメッシュの印刷対象に形成する電極パターンに対応した領域が開口されるように、それ以外の領域に樹脂を埋め込んでマスク部とした印刷マスクにおいて、
- 前記マスク部は、

前記メッシュの前記印刷対象に対向する側に前記メッシュよりも突出して形成された突出部と、

前記メッシュ内に形成された埋め込み部と、

からなり、前記埋め込み部の端部は、前記突出部の端部よりも、開口領域側に位置することを特徴とする印刷マスク。

- [8] 前記埋め込み部の端部は、前記突出部の端部よりも、0.3mm以上前記開口領域側に位置することを特徴とする請求項7に記載の印刷マスク。

- [9] 半導体基板にpn接合が基板面と平行に形成された半導体層部と、

前記半導体層部の表面に所定の形状に形成される表銀電極と、

前記半導体層部の裏面に前記半導体層部の一部が露出されるように形成される裏アルミ電極と、

前記裏アルミ電極によって覆われていない前記半導体層部の露出部分と、この露出部分に隣接して配置される前記裏アルミ電極の一部を覆うように形成される裏銀電極と、

を備える太陽電池セルにおいて、

前記裏アルミ電極は、請求項1, 3, 7のいずれか1つに記載の印刷マスクを用いて形成された電極であることを特徴とする太陽電池セル。

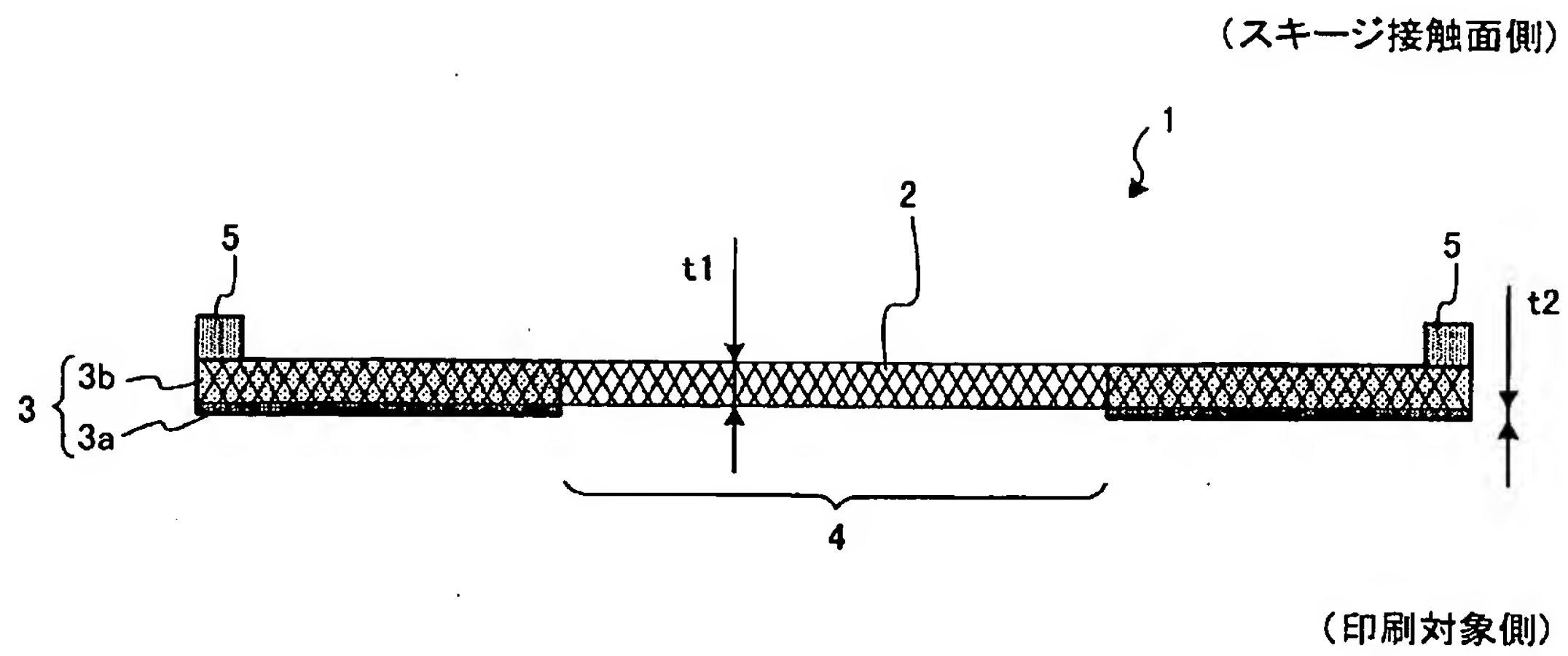
- [10] 自発光素子または他の光源からの光の切替えによって表示を行うマトリックス上に配置された表示素子と、個々の前記表示素子を駆動する回路と、この回路に接続された所定のパターンの電極と、を有する表示用パネルを供えるフラットパネルディスプレイにおいて、

前記電極は、請求項1, 3, 7のいずれか1つに記載の印刷マスクを用いて形成された電極であることを特徴とするフラットパネルディスプレイ。

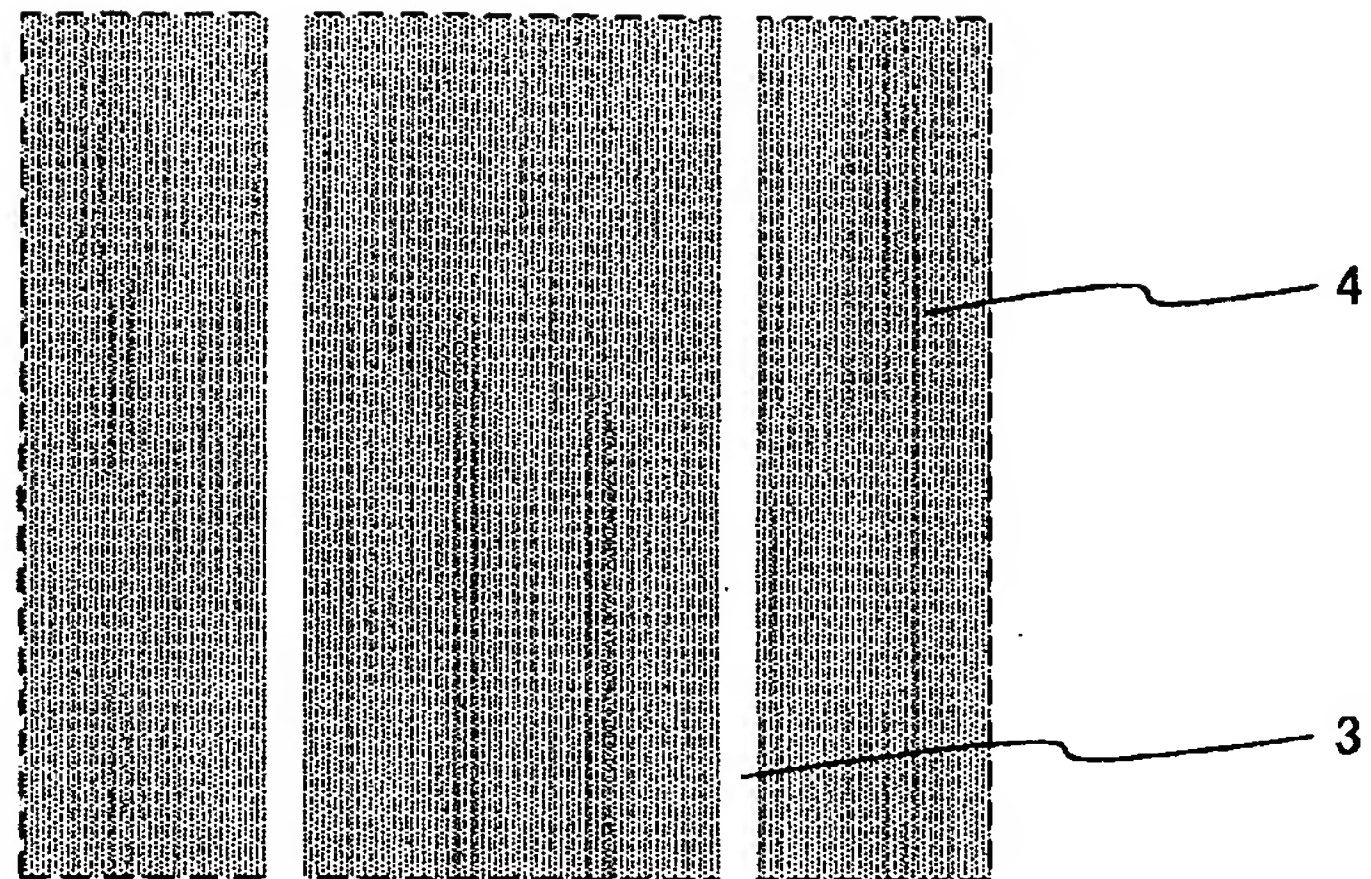
- [11] 両面に電極パターンを形成した誘電体シートを複数積層してなるチップコンデンサにおいて、

前記電極パターンは、請求項1, 3, 7のいずれか1つに記載の印刷マスクを用いて形成された電極であることを特徴とするチップコンデンサ。

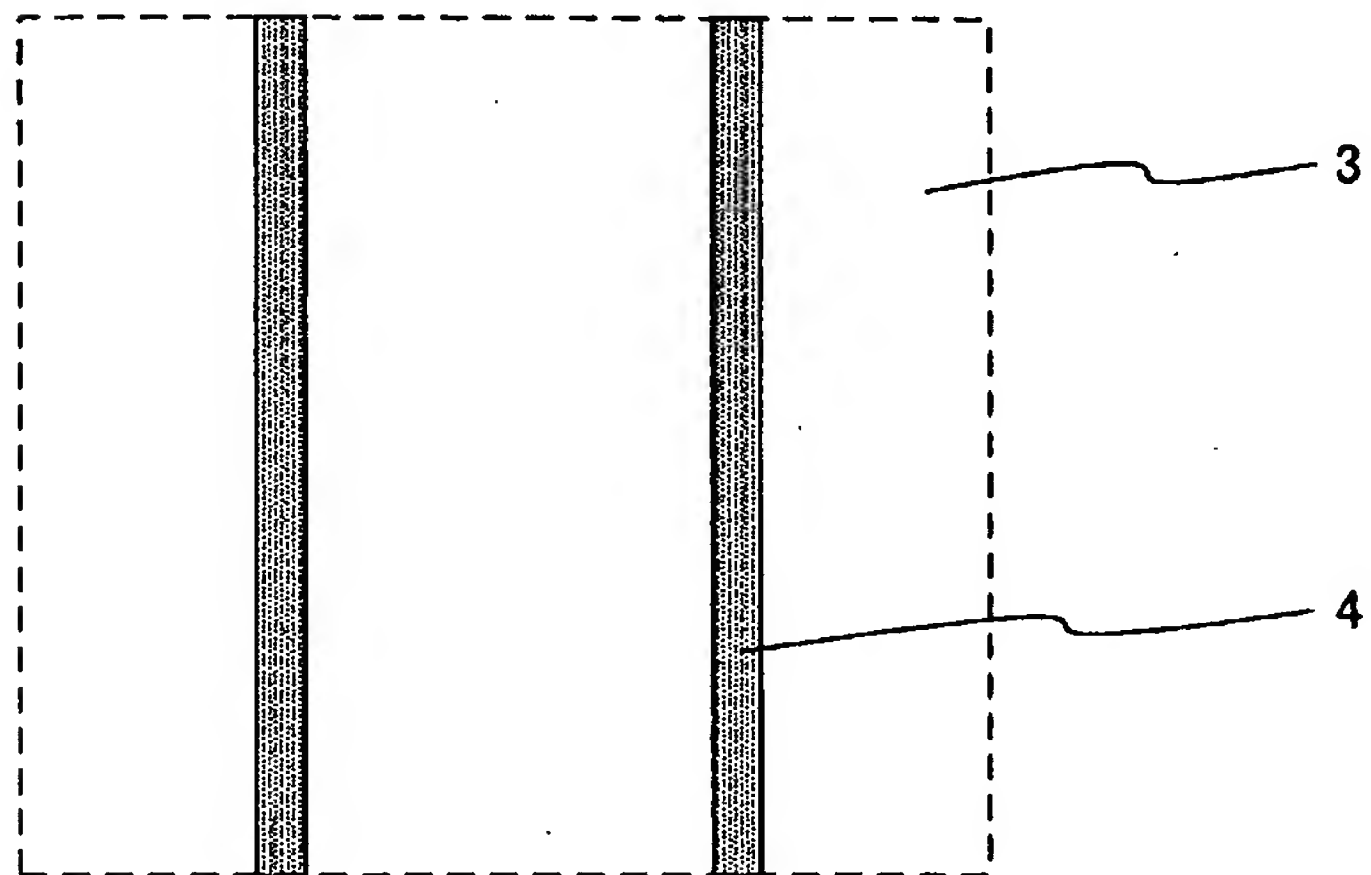
[図1]



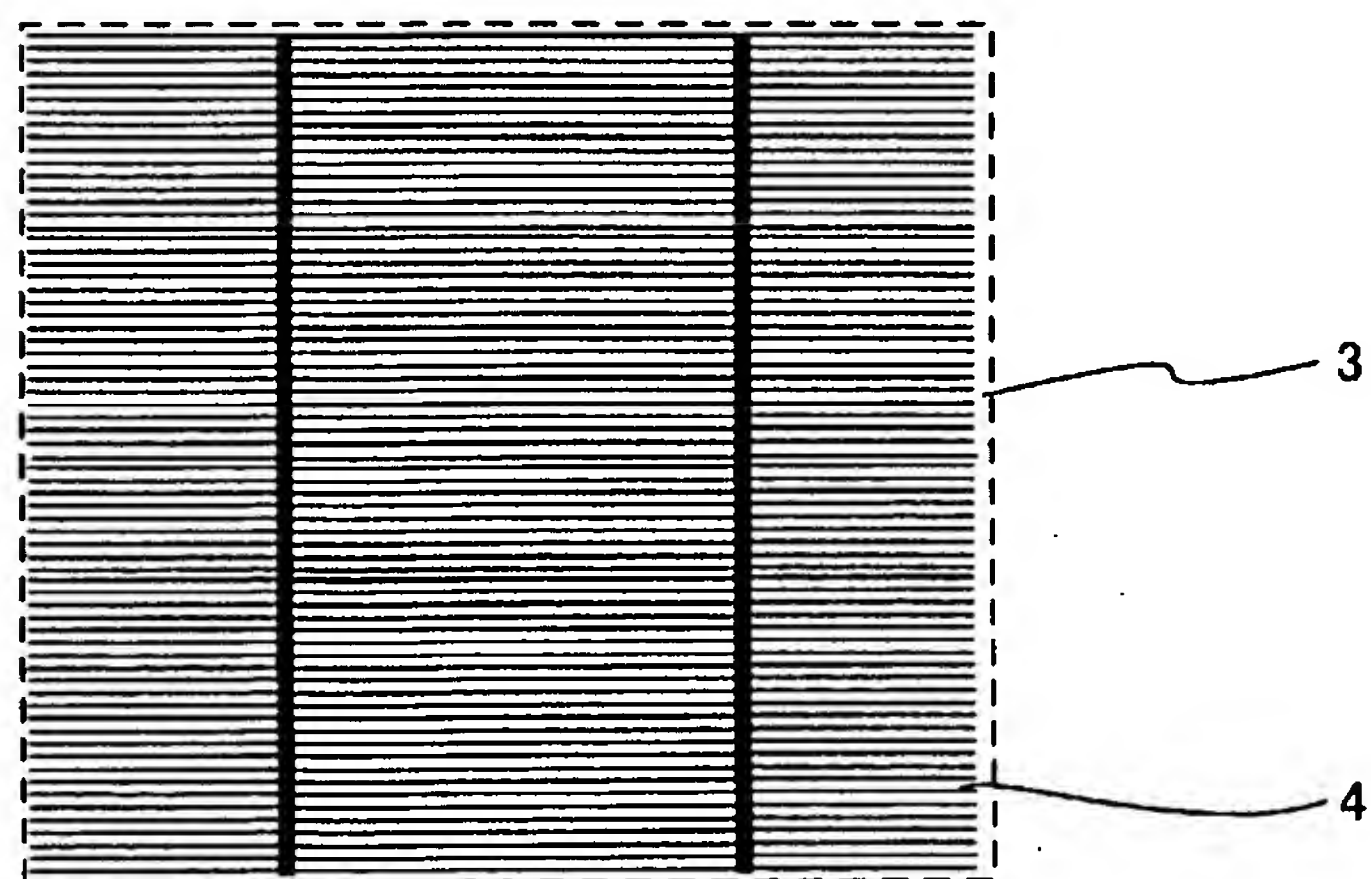
[図2-1]



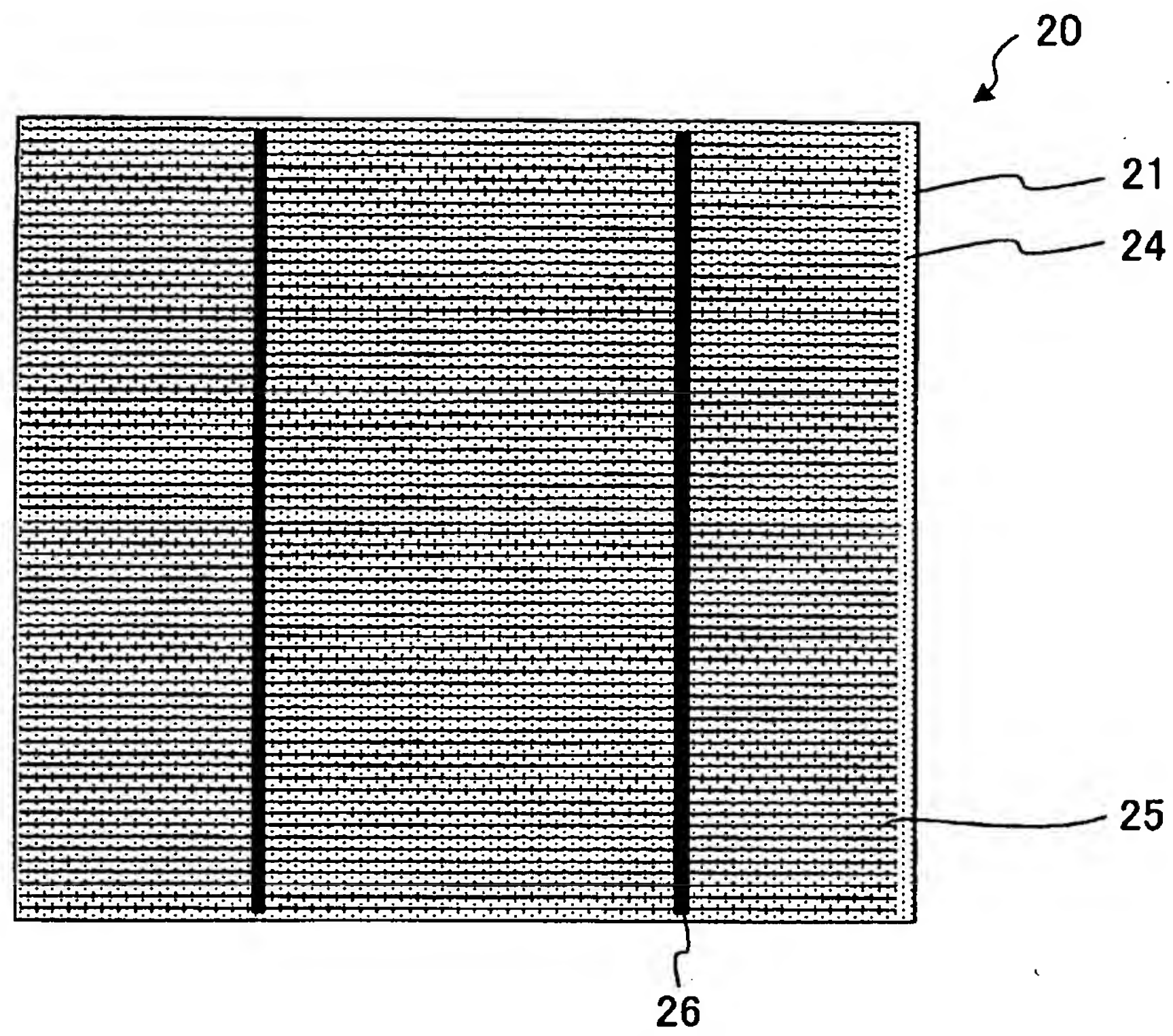
[図2-2]



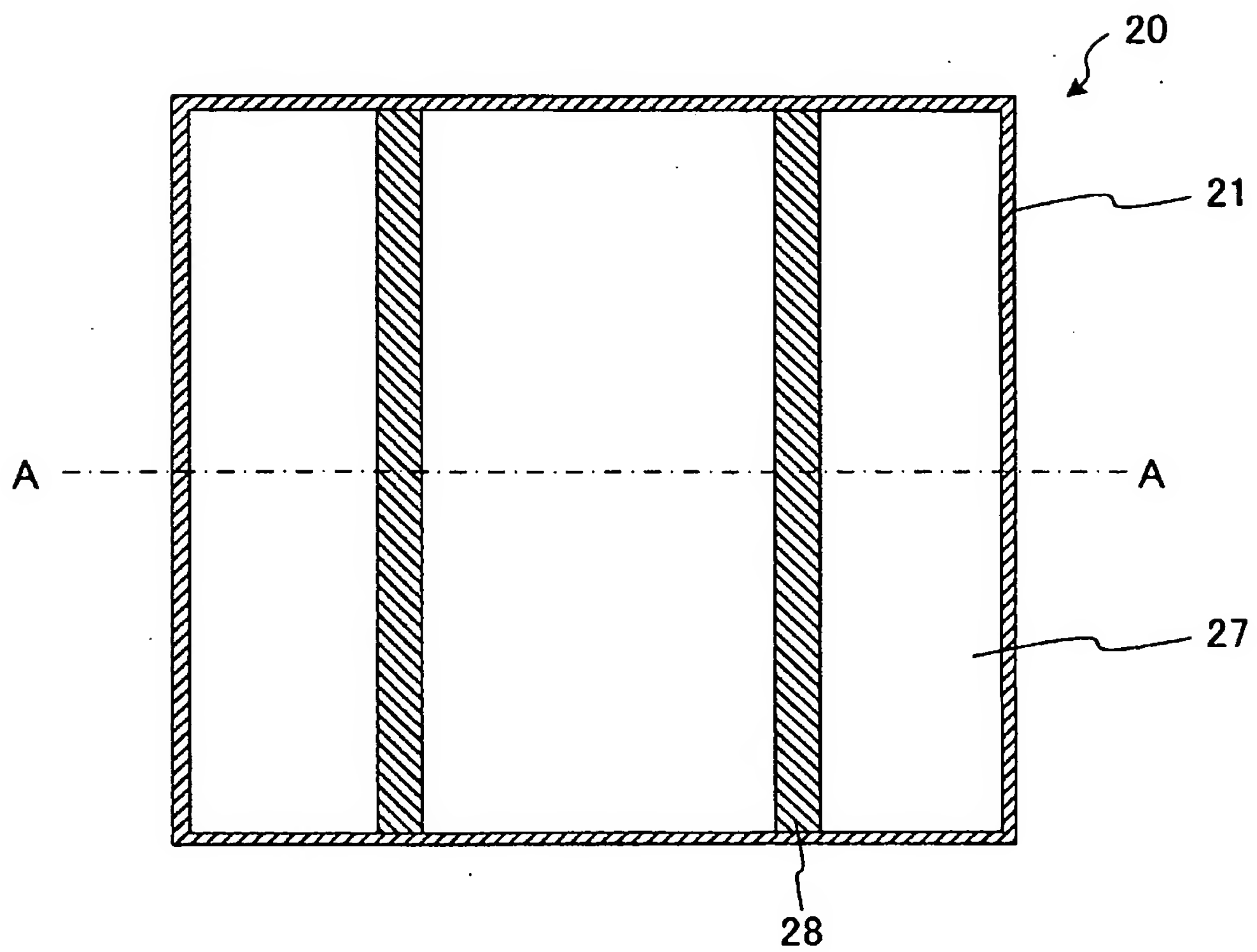
[図2-3]



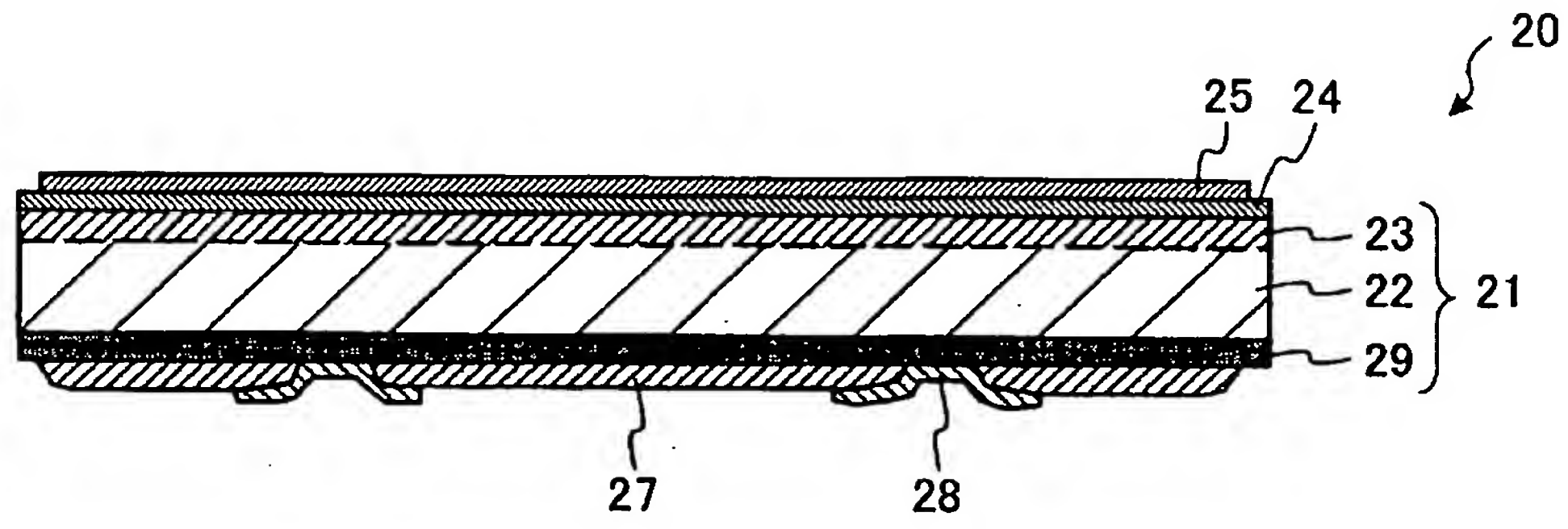
[図3-1]



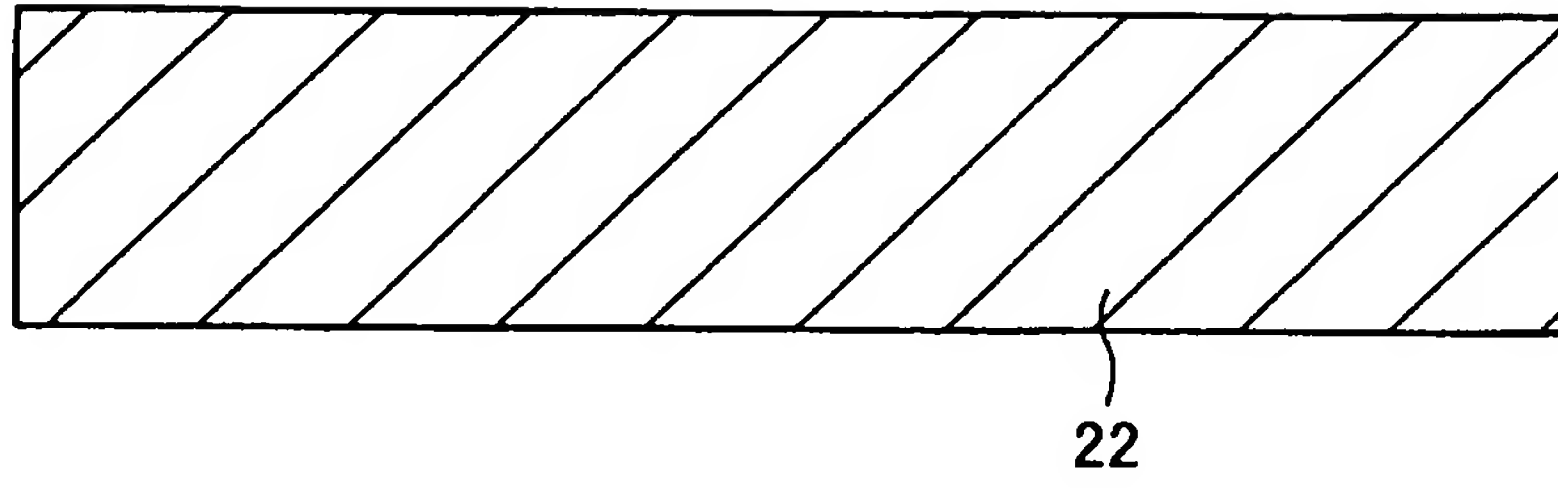
[図3-2]



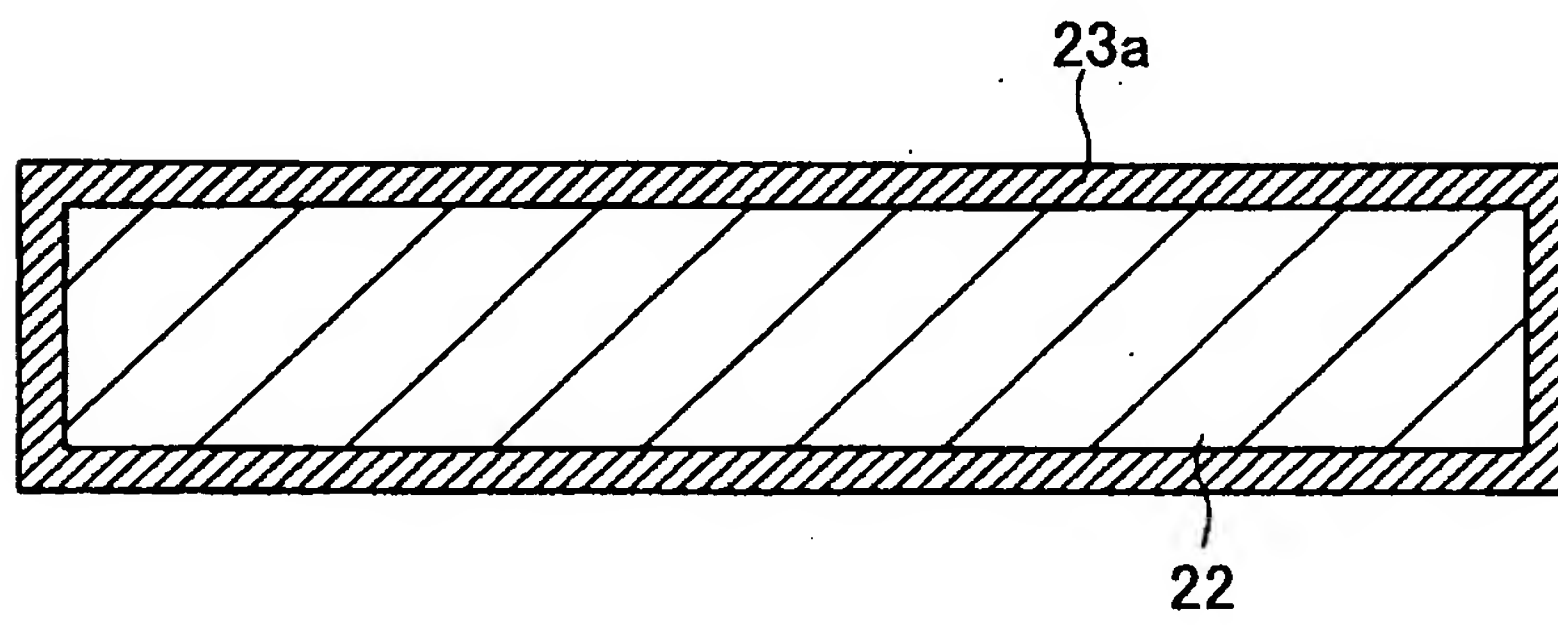
[図4]



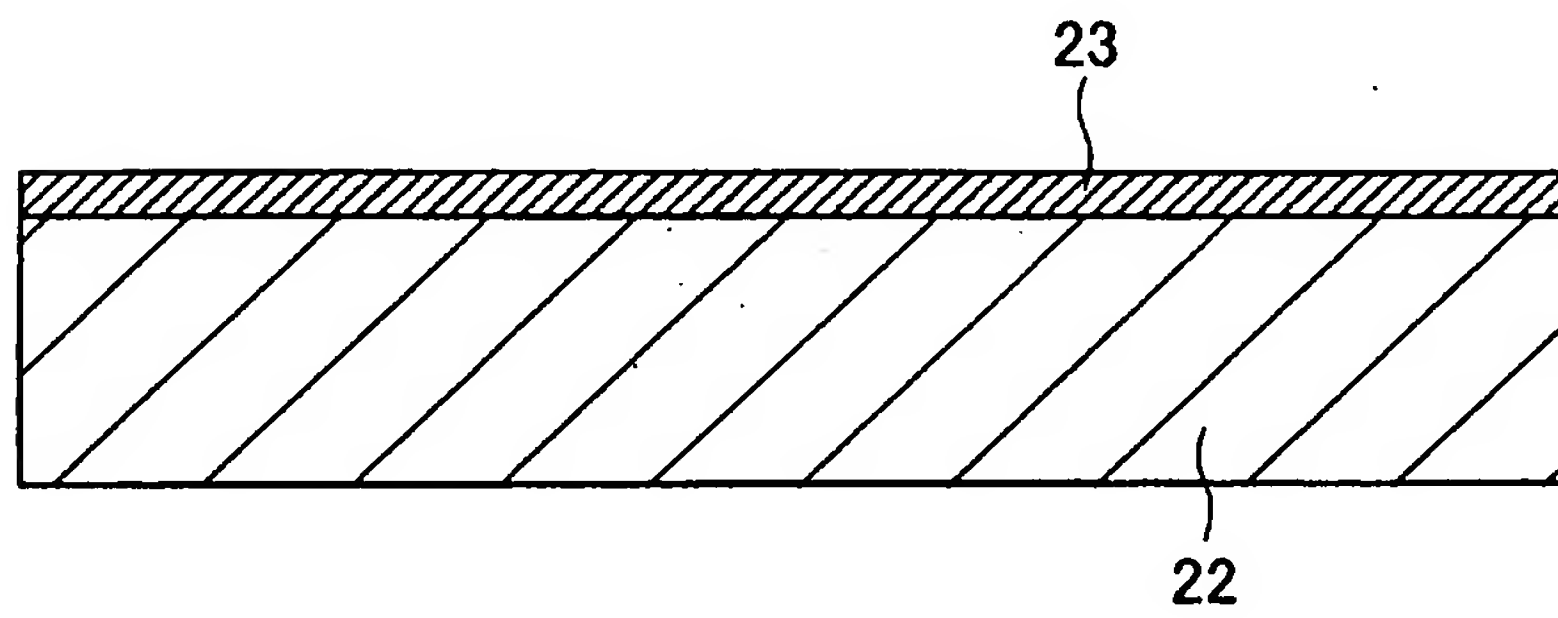
[図5-1]



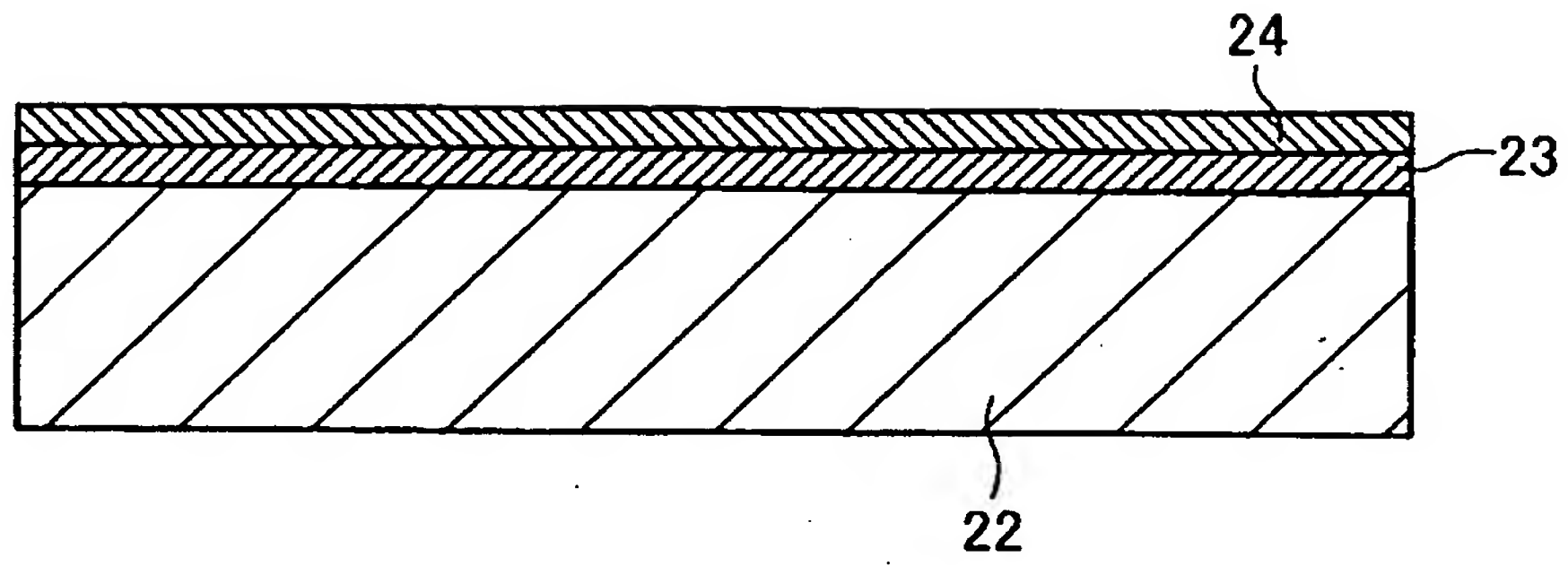
[図5-2]



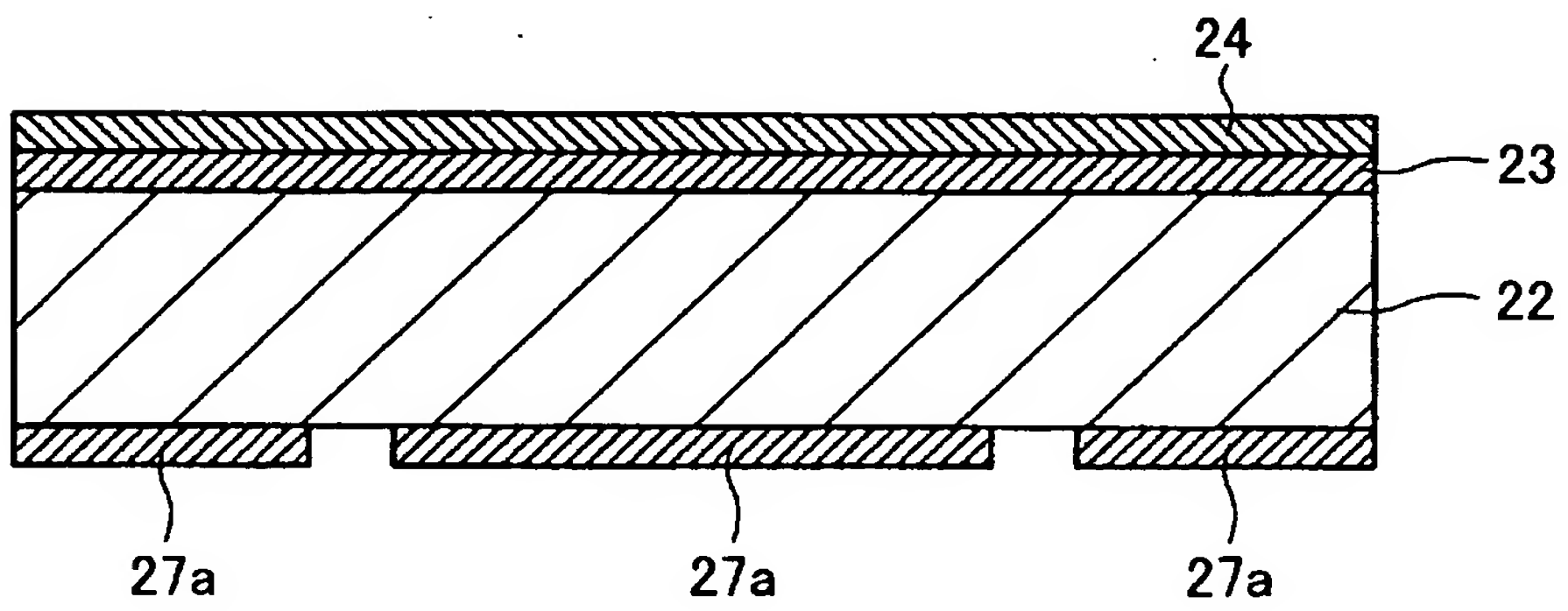
[図5-3]



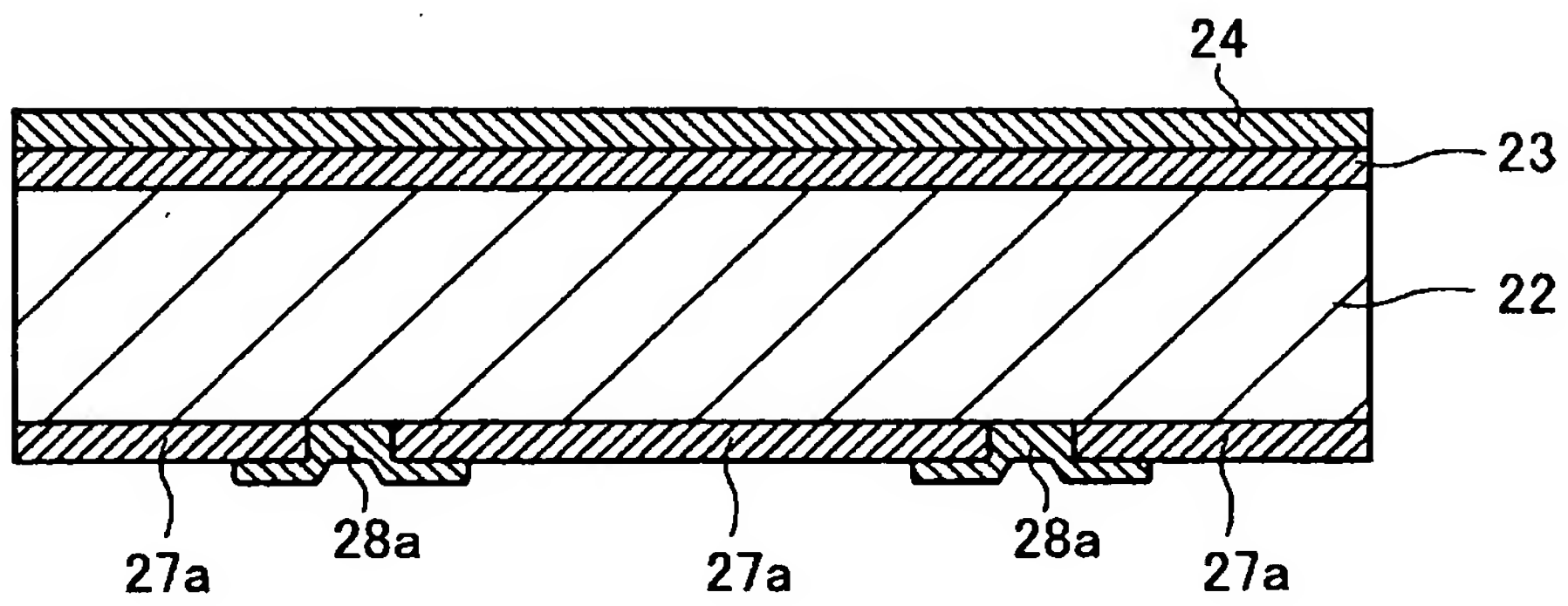
[図5-4]



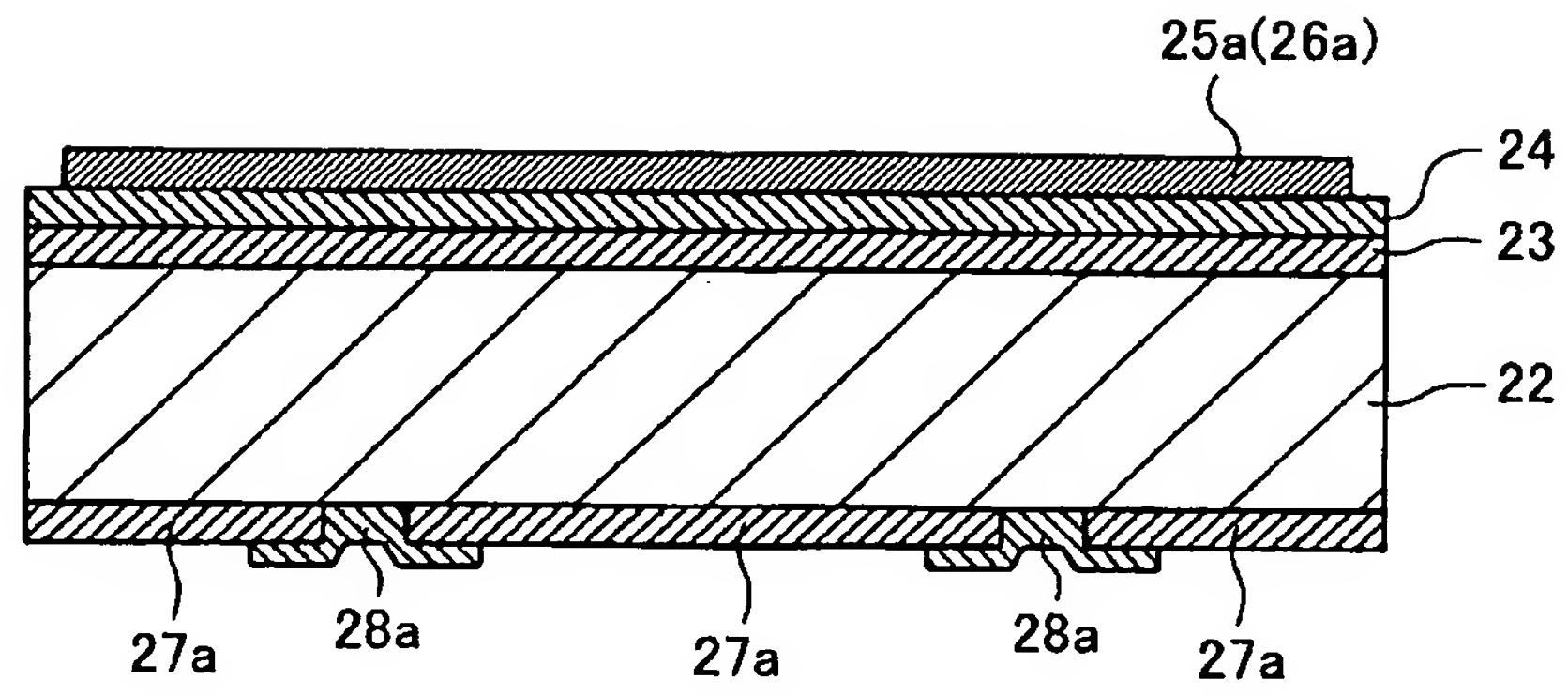
[図5-5]



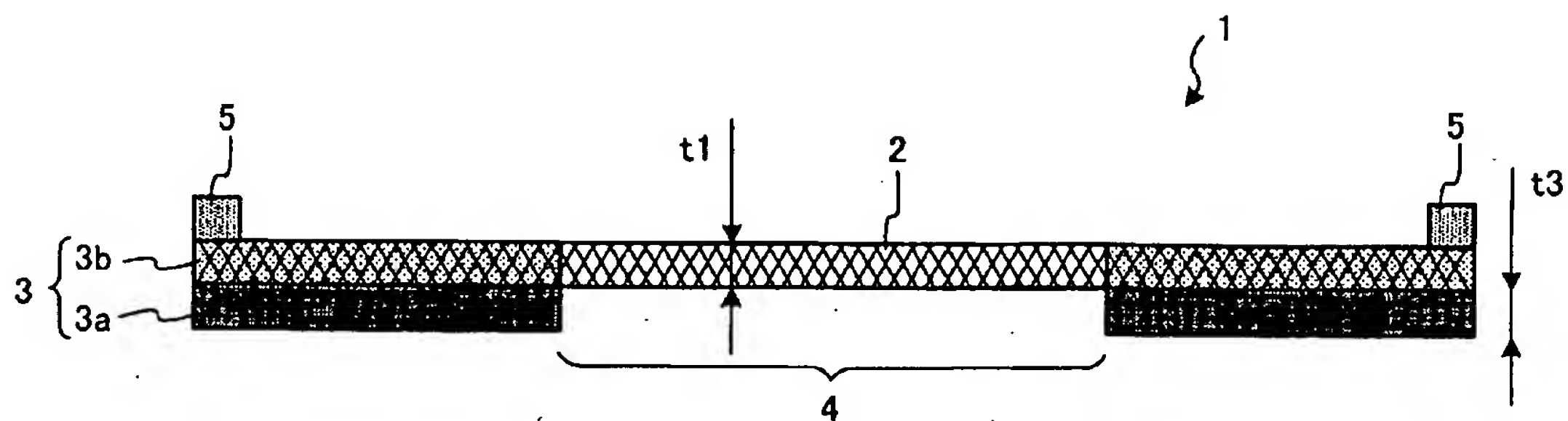
[図5-6]



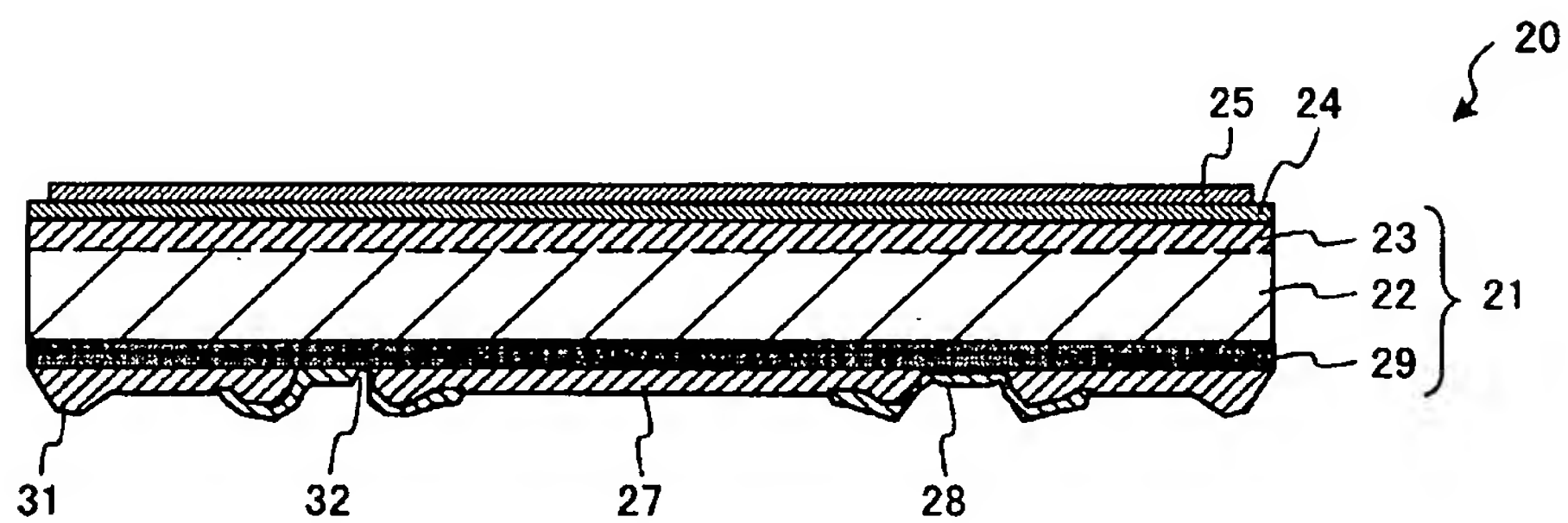
[図5-7]



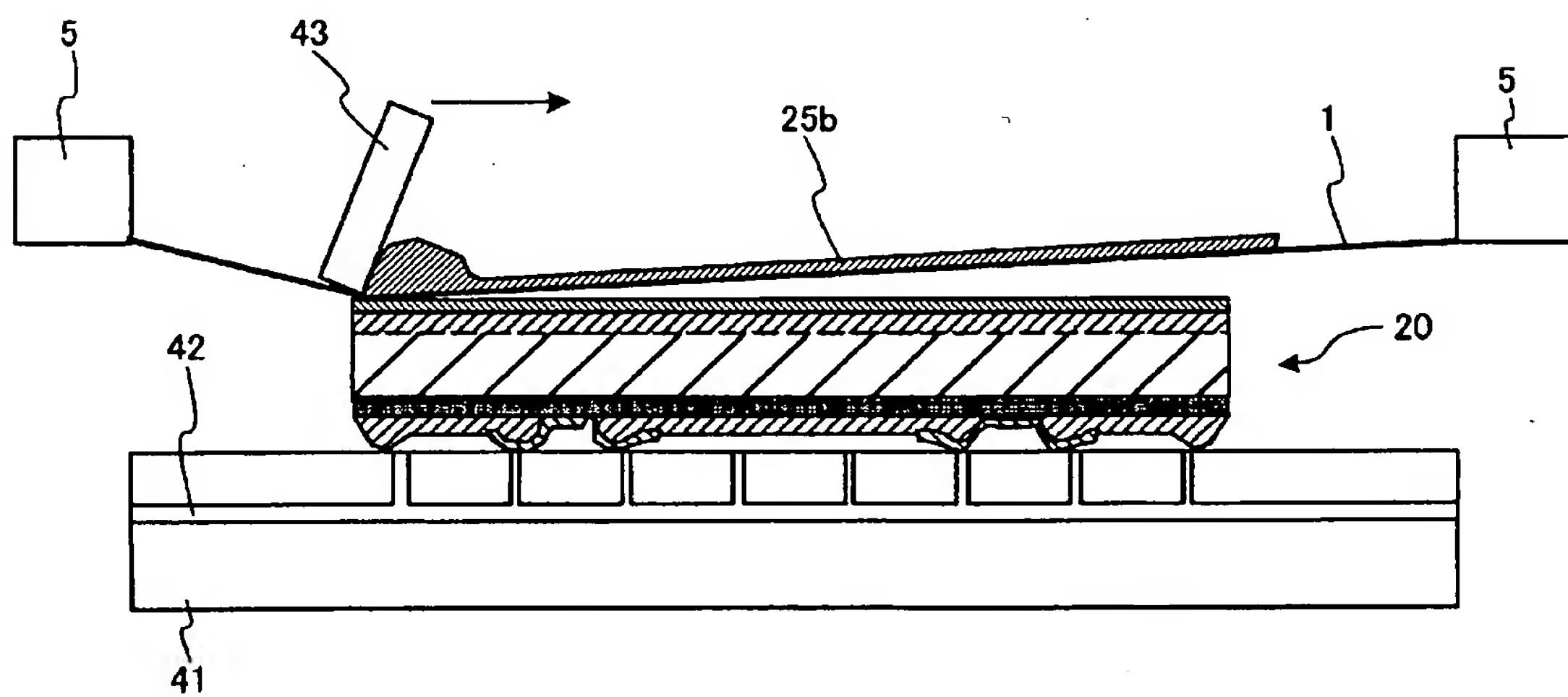
[図6]



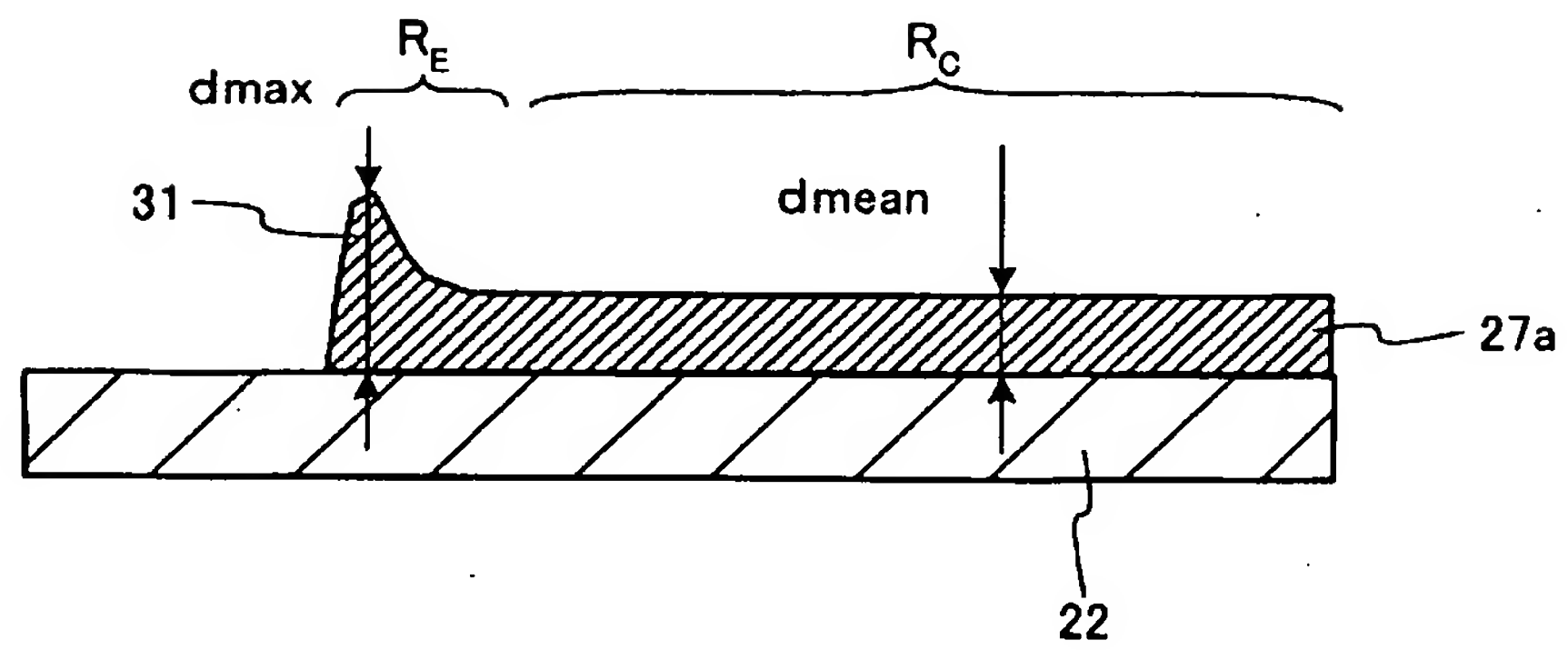
[図7]



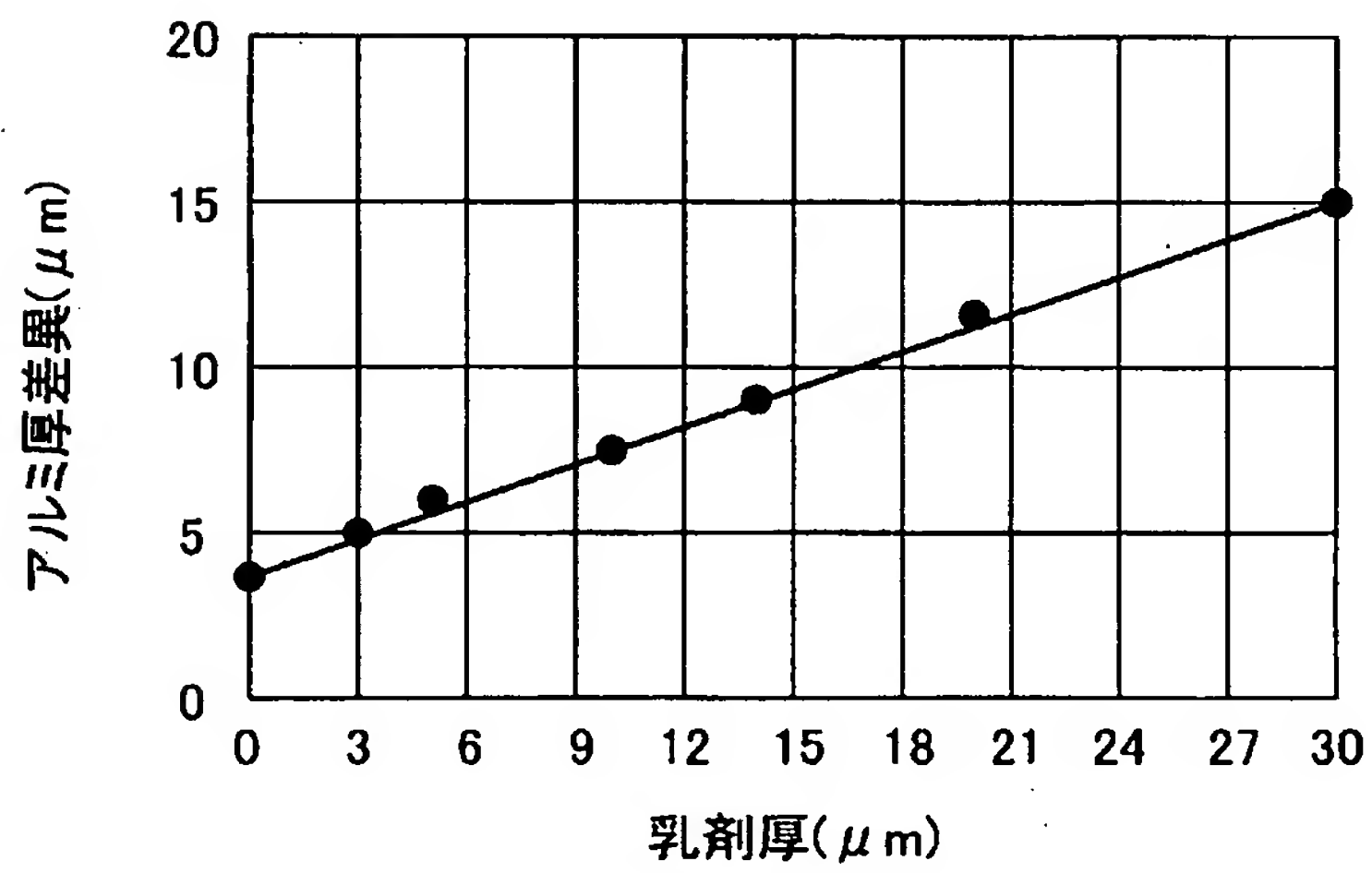
[図8]



[図9]



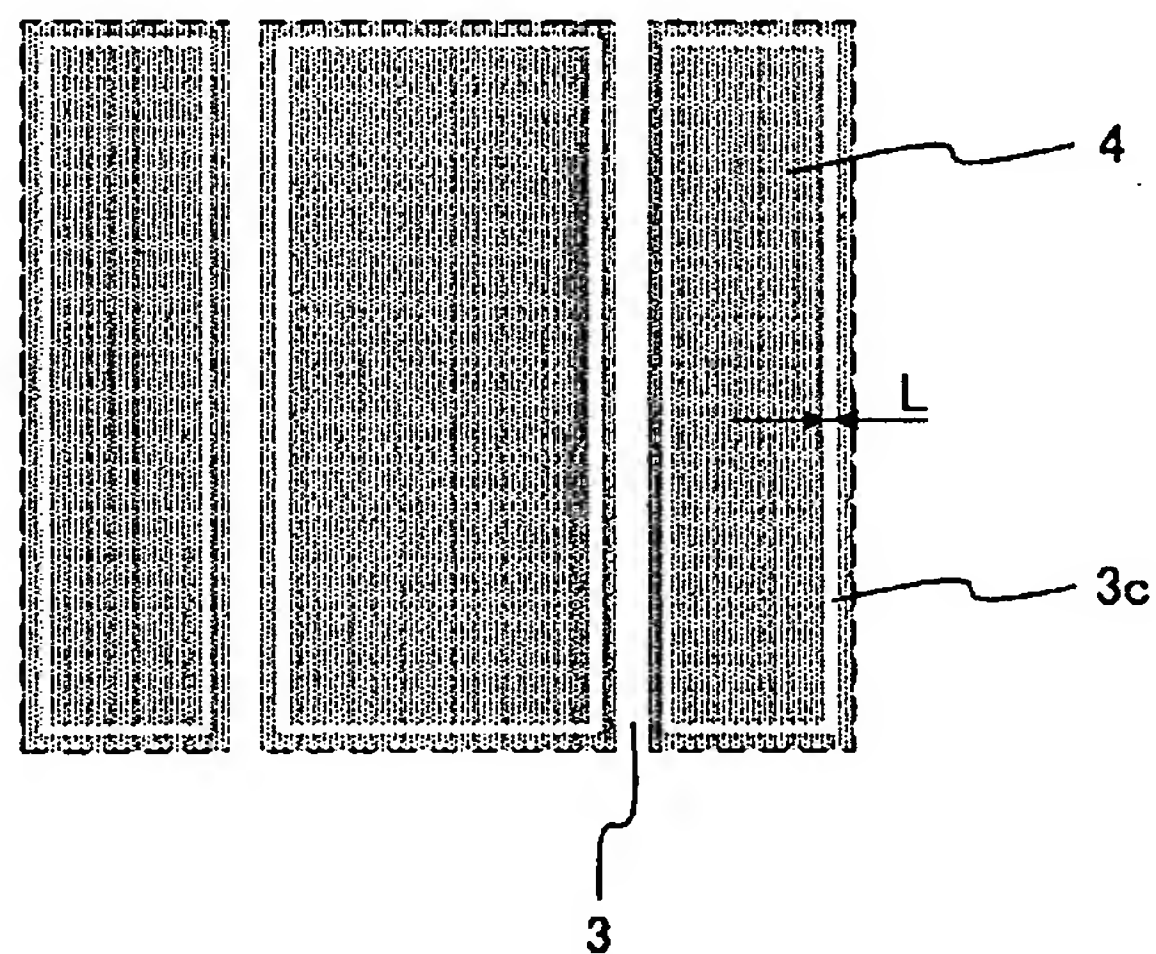
[図10]



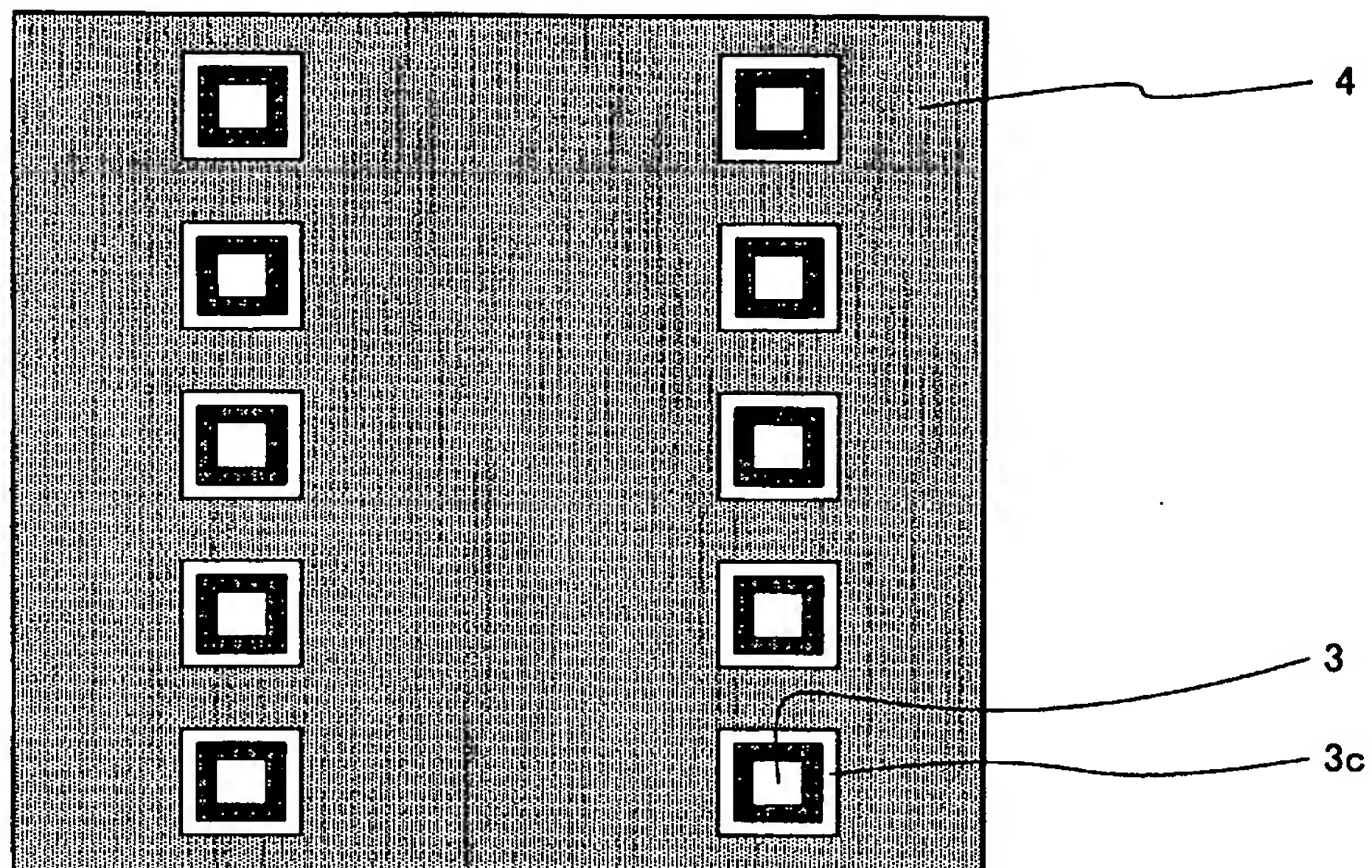
[図11]

	改善前	改善後
乳剤厚(μm)	14	3
メッシュ数	400	400
線径(μm)	23	23
アルミ平均膜厚 dmean(μm)	29	27
アルミエッジ平均膜厚 dmax(μm)	37	32
アルミ厚差異: dmax-dmean(μm)	8	5
基板厚	割れ率(%)	割れ率(%)
200 μm	10	1
240 μm	5	0
280 μm	1	0
330 μm	0	0

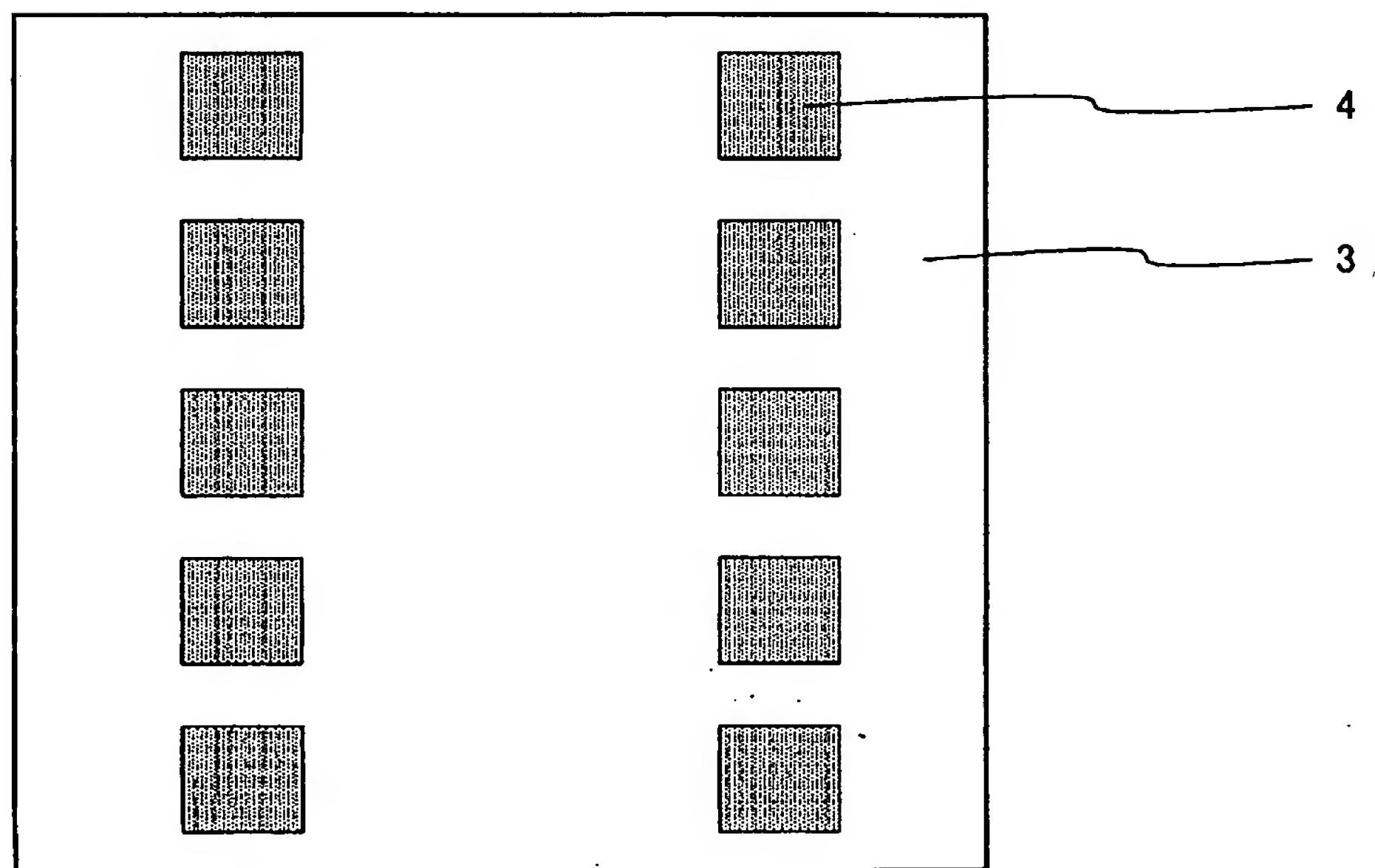
[図12]



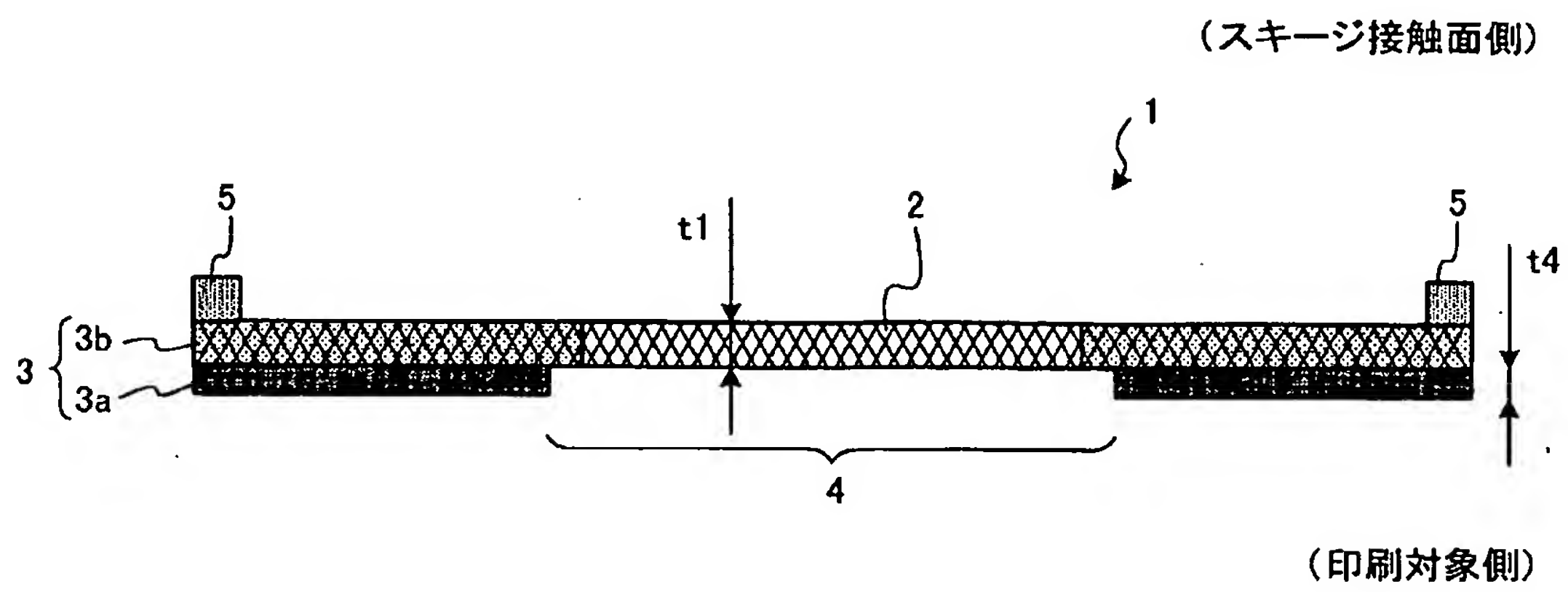
[図13-1]



[図13-2]



[図14]



[図15]

